ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 NOVEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

TERMINOLOGIE. — *Sur la terminologie métallographique : oligocomposants et oligoconstituants.* Note (*) de M. **Albert Portevin.**

Les études métallurgiques et métallographiques offrent de nombreux exemples où les facteurs d'action, éléments ou constituants, ont un effet qui apparaît hors de proportions avec leur expression numérique en particulier, ces éléments ou constituants agissent à des doses estimées très faibles, que l'on peut appeler, suivant les tendances, par des expressions faisant image d'infinitésimales ou homéopathiques; c'est le cas de ce qu'on désigne sous le nom d'impuretés du métal lorsque l'action est jugée défavorable aux propriétés désirées, à la « qualité » du métal, et, d'autre part, d'additions lorsque, inversement, leur présence est voulue dans un but estimé favorable ou nécessaire.

Mais, comme nous avons tenu à insister à diverses reprises (1), les notions de « qualité » et d'impureté sont très imprécises et variables au point que la présence d'un même élément peut être qualifié impureté ou addition, pour un même métal ou alliage, suivant les circonstances et les points de vue. Il apparaît donc comme désirable d'englober sous un même vocable le fait d'être présent et agir à très faible proportion ou teneur indépendamment de l'intensité, du sens et de l'utilité de l'effet.

Ceci est particulièrement utile et même nécessaire dans l'enseignement pour simplifier, clarifier et alléger les expressions et, comme nous le faisons dans ce cas, peut être trouvé en adoptant, à l'instar de la chimie organique, biologique et agricole (Gabriel Bertrand), le préfixe oligo lequel veut dire *peu* d'après Littré (2).

(*) Séance du 15 novembre 1954.

(1) A. Portevin, *Génie civil*, **107**, 1935, p. 517; *Metal Progress*, 1932, p. 69; *Annales Universitates Saraviensis*, t. 2, 1953, p. 124.

(2) Venant, dit-il, de ὀλγος lequel est le sanscrit *lic*, être petit, avec *o* prosthétique.

Conformément à la terminologie que nous utilisons dans notre enseignement et nos publications pour les alliages, les aciers et les fontes, il y a donc à distinguer :

1° Dans leur *composition* fournie par l'analyse chimique *élémentaire*, donnant les composants, et les oligocomposants comprenant les impuretés (O, N, S, O, ...) et les additions (Al, B, etc.) pour l'acier;

2° Dans leur *constitution* micrographique, minéralogique ou analyse *immédiate* donnée par la micrographie, l'analyse radiocristalline ou thermophysique, des oligoconstituants ou constituants microscopiques comme les inclusions des aciers, les sulfures dans le nickel, le plomb dans les laitons, etc., dont le rôle peut être jugé néfaste ou non suivant, non seulement leur nature, mais leur morphologie dans la structure micrographique (finesse, forme, distribution).

On peut incidemment remarquer qu'en chimie organique ou biologique les oligoéléments sont des métaux (Li, Rb, Mn, ...) alors qu'en milieu métallique ce sont principalement des métalloïdes (O, S, N, P, As, ...).

Parmi les propriétés et caractères influencés par les oligocomposants dans les alliages, l'un des plus sensibles est le *faciès cristallin* ([3]) issu de la solidification à partir de l'état fluide, liquide ou gazeux :

a. C'est ainsi qu'un accroissement de viscosité de la phase liquide peut faire passer le cristal régulier du faciès polyédrique au faciès dendritique (expérience d'Osmond avec l'alun de chrome cristallisant à partir de solutions épaissies par la colle);

b. Le bismuth et l'antimoine ont des réseaux cristallins très voisins mais leur faciès habituel de cristallisation est très différent : en feuille de fougère pour l'antimoine et en enroulement cubique pour le bismuth; mais l'antimoine peut apparaître avec ce dernier faciès du bismuth pour des traces d'impuretés que seul le spectroscope a pu mettre en évidence ([4]).

A l'heure actuelle l'obtention, pour le graphite des fontes, du faciès sphérolithique, si importante au point de vue des propriétés mécaniques, a été réalisée par des additions de Mg et Ce à des teneurs extrêmement faibles et se trouve sous la dépendance d'éléments présents en quantité si faible qu'on n'a pu les déceler qu'au spectroscope : les uns, tels que Pb, Sb, Sn, Se, Te, ayant une influence défavorable ou nocive sont considérés comme impuretés, les autres tels que Ce, La, ..., jouant le rôle de remèdes ou d'antidotes à l'égard des impuretés; on a donc encore, à doses homéopathiques, des éléments d'addition, des impuretés, des antidotes auxquels s'applique remarquablement et fort à propos l'expression oligoélé-

---

([3]) Lequel dépend de la tension superficielle interfaciale dont on connaît la sensibilité à l'égard des impuretés ou traces de certains éléments présents.

([4]) Desch, *Rev. Mét.*, Extraits, 490, 1928.

ments ([5]), et qui vient donc éclairer et expliquer ce qu'on a appelé dans ce cas l'hérédité des fontes ([6]), et le « body » des aciers.

En substance, pour les aciers :

1° L'analyse chimique élémentaire fournit la composition chimique comprenant les composants principaux ou essentiels C, Si, Mn, Ni, Cr, ..., et les oligocomposants Al, B, N, O, P, Cu, ...

2° L'analyse chimique immédiate, métallographique ou minéralogique, fournit la constitution comprenant les constituants fondamentaux : ferrite, cémentite, perlite, martensite, austénite, troostite, bainite, et les oligoconstituants : inclusions, oxydes, sulfures, silicates, etc.

Pour les fontes, on retrouve la même description que ci-dessus avec en outre le graphite comme constituant et quelques autres oligocomposants Mg, Sn, etc.

Pour bien montrer la grande généralité de ces notions et, par suite d'emploi de cette terminologie, rappelons encore deux exemples frappants bien connus :

1° En physique, pour les semi-conducteurs, la présence, à des doses extrêmement faibles, d'oligocomposants est très importante; c'est ainsi que, dans les transistors unicristallins de germanium, il faut tenir compte d'impuretés à des teneurs de 10^{-7};

2° En métallographie appliquée, les alliages à haute teneur en zinc ne sont devenus industriels que lorsque, par électrolyse ou par distillation, on a fabriqué couramment le zinc de haute pureté (à 99,99 %, dit : zinc quatre-neuf) éliminant les oligocomposants Pb, Cd, Sn, Fe, ..., dont la présence entraînait la destruction à l'usage ou la déficience de certaines propriétés de ces alliages, lesquels par ailleurs doivent contenir entre autres l'oligocomposant Mg.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Peucedanum austriacum *Koch*. Note (*) de M. **René Souèges**.

Les lois embryogéniques du *Peucedanum austriacum* sont comparables à celles qui ont été établies au sujet du *Silaus pratensis*. Les différences sont d'ordre secondaire, consistant surtout dans une plus grande irrégularité; elles permettraient néanmoins de mieux comprendre les rapports qu'offriraient entre elles certaines espèces d'Ombellifères.

([5]) Plus généralement l'effet des oligoéléments semble se manifester à l'égard des propriétés que l'on pourrait appeler « à deux dimensions » telles que les propriétés de surface, propriétés capillaires, vitesse de corrosion, catalyse, potentiel d'électrode, pouvoir émissif.

([6]) *Voir* à ce propos : A. Portevin, *Contribution à la discussion des communications Leonard, Thyssen et Buffet* au Congrès International de Fonderie de Milan, septembre 1931.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Les Peucédanées sont l'une des tribus les plus importantes des Ombellifères dites *parfaites*. Elles sont caractérisées par la présence, sur un fruit comprimé d'avant en arrière, de côtes primaires seulement. On les partage ordinairement en deux sous-tribus : les Angélicées, chez lesquelles les méricarpes sont en contact uniquement par le milieu, et les Peucédanées proprement dites ou Eupeucédanées chez lesquelles les méricarpes restent soudés par toute leur surface commissurale. Aucune espèce, dans ces deux groupements, n'a encore été examinée au point de vue des lois qui président au développement de l'embryon. Voici les observations auxquelles a donné lieu, à cet égard, l'étude du *Peucedanum austriacum* Koch, belle plante haute de 60 à 80 cm, vivace, qui a pu être récoltée, en grande abondance, dans les côteaux boisés des montagnes de Haute-Savoie.

Le proembryon quadricellulaire (*fig.* 4) engendré par divisions transversales de l'oospore (*fig.* 1, 2) et de ses deux cellules-filles *ca* et *cb*, est une tétrade linéaire en C_2, comportant quatre éléments superposés, *cc*, *cd*, *m* et *ci*. Le plus souvent la cellule *ca* se segmente avant sa sœur (*fig.* 3), mais, dans d'autres cas, la division de *cb* précède celle de *ca*. La cellule supérieure de la tétrade, *cc*, se partage, en règle très générale, par une paroi plus ou moins inclinée sur la verticale, séparant deux éléments quelque peu dissemblables, *a* et *b*; *a* plus grand dans les coupes longitudinales occupe le sommet du proembryon. La cellule subterminale *cd*, à son tour, se divise, soit longitudinalement (*fig.* 6), soit transversalement (*fig.* 9), en donnant naissance, dans ce dernier cas, à deux éléments superposés *t* et *r*. La division de la cellule *ca* peut parfois précéder celle de la cellule terminale *cc* (*fig.* 7). En 8, les deux cellules du sommet se montrent séparées par une paroi, vue de face, très inclinée sur le plan de la figure. La cellule inférieure de la tétrade, *ci*, se partage transversalement en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 9, 10); sa sœur, *m*, en règle générale semble-t-il, se cloisonne transversalement pour donner deux éléments superposés *d* et *f* (*fig.* 8); mais elle peut aussi se partager longitudinalement (*fig.* 9), parfois même obliquement (*fig.* 13).

Ces variations dans la direction des divisions des deux blastomères médiaux, *cd* et *m*, de la tétrade, peuvent faire apparaître quatre types de formes octocellulaires, deux résultant d'un cloisonnement longitudinal ou transversal en *cd*, deux autres de la division également longitudinale ou transversale de l'élément *m*. Il n'a pas été possible de rencontrer les stades du développement correspondant exactement à ces quatre dispositions octocellulaires; l'une, à six étages, se trouve représentée en 9; une autre, également à six étages, comporterait une cloison longitudinale en *cd*, transversale en *m*; une troisième, à cinq étages, offrirait des cloisons verticales en *cd* et en *m*; une quatrième enfin comprendrait des divisions transversales en *cd* et en *m*, comme en *ci*. Les quatre cellules supérieures de ces formes représentent quatre quadrants groupés en tétrades de catégorie B_1 ou B_2.

La construction des divers proembryons que l'on rencontre aux stades suivants s'explique aisément en tenant compte des variations qui interviennent au stade octocellulaire. En *cc*, les deux blastomères *a* et *b* donnent quatre éléments en tétraèdre qui correspondent à quatre octants supérieurs, l'un d'eux, *e*, au sommet, fonctionnant comme cellule épiphysaire (*fig.* 12 à 17, 19). Les figures 18, 20 à 26 montrent nettement comment se succèdent les parois de segmentation dans ces quatre éléments. Le groupe épiphysaire demeure le plus souvent parfaitement distinct; les trois octants sous-épiphysaires produisent la partie cotylée *s. stricto*. — Quand, en *cd*, il se constitue d'abord deux cellules superposées, *t* et *r* (*fig.* 7,

9, 15), celles-ci se divisent longitudinalement (*fig.* 16, 17, 26, 27) pour donner deux assises bien distinctes, génératrices l'une de la tige hypocotylée, l'autre de la racine avec ses initiales (*fig.* 29 à 36). Il est difficile de dire exactement par quels processus se différencient ces initiales; ils ne paraissent pas être constants; les figures 29 et 33 permettent cependant de se rendre compte de la règle générale à laquelle ils obéiraient. — Quand, en *cd*, il y a cloison-



Fig. 1 à 36. — *Peucedanum austriacum* Koch. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *oo*, oospore; *al*, albumen; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou partie cotylée *s. lato*; *a* et *b*, cellules filles de *cc*; *e*, épiphyse; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou partie hypocotylée; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *t*, cellule-fille supérieure de *cd* ou primordium de la tige hypocotylée; *r*, cellule-fille inférieure de *cd* ou primordium de la racine; *d*, cellule-fille supérieure de *m* ou partie centrale de la coiffe; *f*, cellule-fille inférieure de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 310.

nement vertical (*fig.* 6, 12), les deux éléments juxtaposés, engendrés par de nouvelles divisions verticales, donnent quatre cellules circumaxiales (*fig.* 13, 14), qui, prenant plus tard des parois longitudinales (*fig.* 15) ou transversales (*fig.* 19, 20, 21, 22, 23, 25), auxquelles succèdent de nouvelles parois encore longitudinales (*fig.* 24 à *g.*) et transversales (*fig.* 28 à *g.*), arrivent à se séparer en deux assises semblables à celles qui se forment dans les cas ou *cd* se divise d'abord transversalement. — Quand la paroi en *cd* est tout d'abord oblique (*fig.* 10, 11), ce qui paraît exceptionnel, les segmentations aboutissent de même à des séparations analogues.

Lorsque, en *m*, il se produit deux éléments superposés *d* et *f* (*fig.* 8), ce qui paraît être le cas général, ces deux éléments suivent dans leurs segmentations, obliques le plus souvent,

des règles qui leur sont communes, de sorte que, dans la plupart des cas, il est difficile de les identifier et de les bien séparer (*fig.* 15, 18, 20, 23). Quoi qu'il en soit, *d* participe seul à la constitution de la coiffe (*fig.* 30 à 36), *l* entrant dans la constitution du suspenseur. Quand, en *m*, se forme d'abord une paroi longitudinale (*fig.* 9, 10) ou oblique (*fig.* 13, 19), il est difficile de dire dans quelles proportions les éléments produits par *m* participent à la construction les uns de la coiffe, les autres du suspenseur. Celui-ci se développe, en règle très générale, aux dépens des éléments *f*, *n*, et *n'*.

Si l'on dresse le tableau des lois qui président au développement de l'embryon chez le *Peucedanum austriacum*, on constate que ce tableau reproduit, dans ses traits essentiels, celui qui a été établi au sujet du *Polemonium cæruleum* L. et du *Silaus pratensis* Bess (¹).

Les trois espèces, par les fonctions histogéniques de la cellule *cb* se rattachent à la première période et au mégarchétype V de notre système périodique; par leurs tétrades en C_2, elles entrent dans la série C; par la disposition des quatre éléments supérieurs, homologues de quadrants, de leurs formes octocellulaires, à la troisième génération, elles font partie du cinquième ou du sixième groupe embryogénique; enfin, par la répartition, dans leurs blastomères primitifs, des potentialités constructives, elles obéissent à des règles identiques. Le *Peucedanum* ne diffère du *Silaus* que par des caractères tout à fait secondaires : une plus grande irrégularité s'observe dans la construction de ses formes ; celles-ci se rattachent à des types octocellulaires qui seraient, chez le *Silaus*, moins diversifiés ; la démarcation, extérieure et intérieure, entre suspenseur et embryon proprement dit est moins accusée; la différenciation des initiales au sommet radiculaire procéderait selon des modes moins bien définis. Les mêmes parentés subsistent néanmoins avec des variations qui éloigneraient les Peucédanées des Solanales ou Polémoniales, mais qui les rapprocheraient par contre d'autres Ombellifères. Il y aurait là comme une extension des données pouvant faire la matière d'un important chapitre d'embryogénie comparée.

CHIMIOTÉRATOGENÈSE. — *Sur la réalisation expérimentale de deux malformations du crâne et de l'encéphale : cléiencéphalie et acléiencéphalie.* Note de M. **Paul Ancel**.

Nous avons réalisé l'exencéphalie en injectant sur la tête d'embryons de Poule, à l'aide d'un appareil approprié, des solutions aqueuses de deux substances chimiques : la trypaflavine aux concentrations de 1:1000 à 1:3000 et la colchicine à celles de 1:10000 à 1:40000. Le volume injecté a varié de 1/24ᵉ à 1/4 mm³. Les injections de chacune de ces substances ont été faites les unes après 26 h et les autres après 34 h d'incubation.

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1948.

Les exencéphales que nous avons obtenus appartiennent à deux variétés. Dans la première, l'encéphale hernié n'est pas fermé, ses cavités sont à nu; dans la seconde, au contraire, l'encéphale hernié est normalement fermé et entouré par les méninges. Pour distinguer ces deux variétés d'exencéphales, nous avons appelé ceux dont l'encéphale n'est pas fermé : acléiencéphales (α privatif κλειω, je ferme), et les autres : cléiencéphales. Les acléiencéphales ont été signalés à l'état spontané par de nombreux auteurs sous le nom d'anencéphales. Nous en avons nous-même observé en dehors de toute action expérimentale avec une fréquence de 1,2 % sur 5 000 embryons, tandis qu'aucun cas de cléiencéphalie n'était apparu.

A la suite d'injections faites après 34 h d'incubation, les deux substances ont déterminé uniquement l'apparition d'exencéphales à encéphale fermé. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la colchicine après injection de 1/24ᵉ mm^3 d'une solution à 1 : 30 000 (22 cléiencéphales sur 53 embryons, 41,5 %).

Les injections faites après 26 h d'incubation ont produit des acléiencéphales mais seulement après action de la trypaflavine : 21 ont été obtenus sur 57 embryons (36,8 %) et aucun avec la colchicine sur 95 embryons.

Chez les anencéphales humains, la plaque nerveuse ne se ferme pas en tube et se développe très mal, mais l'encéphale ne fait pas entièrement défaut; la partie qui subsiste n'est pas saillante et la tête paraît sectionnée transversalement au-dessus des yeux. On conçoit qu'en se basant sur leur aspect général, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire ait pu opposer ces anencéphales aux exencéphales et que ces dénominations aient pu être universellement adoptées. Mais il n'est pas possible d'agir de même chez les Oiseaux. Dans les cas spontanés, en effet, comme dans nos cas expérimentaux, l'encéphale ouvert a un développement tel qu'il fait une forte saillie au-dessus de la tête. Les embryons porteurs de cette malformation sont donc des exencéphales au même titre que ceux dont l'encéphale hernié est fermé et entouré des méninges. La dénomination d'anencéphale ne convient à aucun, celle d'exencéphale convient à tous.

L'obtention par divers auteurs d'embryons de Mammifères à encéphale hernié après action de divers agents tératogènes (anoxémie, vitamine A, carences) montre que dans cette classe comme chez les Oiseaux, l'encéphale, qu'il soit ouvert ou fermé, fait dans tous les cas une saillie au-dessus de la tête au travers d'une brèche dans la voûte crânienne. Peu d'auteurs parmi ceux qui ont obtenu ces exencéphales signalent si l'encéphale était ouvert ou fermé. Ce fait est cependant celui qui présente la plus grande importance au point de vue de la tératogenèse, car ces deux variétés de malformation crânio-encéphalique sont en réalité deux malformations différentes. Elles se réalisent en effet par des mécanismes différents (arrêt de développement de l'encéphale dans un cas et du crâne dans l'autre), à

des stades différents (avant ou après la fermeture de la gouttière nerveuse), et nos expériences montrent que des agents tératogènes capables de produire l'une peuvent être incapables de produire l'autre (différence dans l'effet tératogène de la trypaflavine et de la colchicine).

Les appellations employées par les auteurs (anencéphalie, crâniochisis, dysencéphalie extra-crânienne, exencéphalie, encéphalocèle, pseudencéphalie) ne permettent pas de différencier ces malformations l'une de l'autre parce qu'elles sont basées sur des caractères secondaires pouvant se trouver dans chacune d'elles et varier suivant les individus, les espèces ou les classes (absence ou saillie plus ou moins forte de la hernie encéphalique; absence ou malformation d'une partie plus ou moins étendue de l'encéphale; développement plus ou moins grand d'une masse conjonctivo-vasculaire remplaçant le tissu nerveux).

Les recherches de tératogenèse expérimentale mettent ainsi en évidence la nécessité d'utiliser des appellations basées sur le caractère fondamental, par la présence ou l'absence duquel diffèrent ces deux malformations, aussi bien chez l'embryon humain que chez tous les Vertébrés. C'est pourquoi nous avons choisi celles de cléiencéphalie et d'acléiencéphalie pour présenter nos résultats.

M. **Ernst Gäumann** adresse en hommage à l'Académie divers tirages à part de ses travaux de botanique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° André Lamouche. *La théorie harmonique. Le principe de simplicité dans les mathématiques et dans les sciences physiques.*

2° Académie polonaise des sciences. *Œuvres de Marie Sklodowska Curie*, recueillies par Irène Joliot-Curie.

3° Piscicultural Institute of Sarajevo. *Acta ichthyologica Bosniæ et Hercegovinæ.* Godina I, Akta 1-4.

4° Académie des sciences de Bielorussie. *Sbornik naoutchnik troudov.* Institut Torfa, I; Institut Lesa, I; Institut biology, I-III; Institut Melioratsy, Vodnogo i Bolotnogo koziaistva, I; Institut sotsialistitcheskogo seliskogo koziaistva, I. — Institut Ekonomiki, *Otcherki ekonomitcheskoi geografy.*

ALGÈBRE. — *Formes de seconde espèce sur une variété algébrique.* Note de MM. **William Hodge** et **Michael Atiyah**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est de montrer comment les résultats de Picard et Lefschetz sur les intégrales doubles de seconde espèce peuvent être formulés et démontrés dans le cadre de la théorie des faisceaux.

Soit V une variété algébrique sans singularités à m dimensions, définie sur le corps des nombres complexes. Si W est une sous-variété algébrique quelconque de V à $m-1$ dimensions, nous considérons le faisceau $\Omega^q(\star W)$ des germes de formes différentielles méromorphes de degré q sur V avec singularités sur W. Comme W varie dans l'ensemble de toutes les sous-variétés de V à $m-1$ dimensions, nous pouvons considérer le faisceau $\Omega^q\star$, réunion de tous les $\Omega^q(\star W)$. Il importe de remarquer que $\Omega^q\star$ *n'est pas* la même chose que le faisceau des germes de toutes les formes différentielles méromorphes de degré q sur V — ce n'en est qu'un sous-faisceau. En désignant par $\Phi^q\star$ le sous-faisceau de $\Omega^q\star$ constitué par les germes de formes fermées, nous avons la suite exacte de faisceaux

$$(1)\qquad 0 \to \Phi^q\star \xrightarrow{i} \Omega^q\star \xrightarrow{d} d\Omega^q\star \to 0$$

où i est l'homomorphisme injection, et d est l'opération de différentiation extérieure. La suite de cohomologie de (1) est

$$(2)\qquad \to H^{p-1}(V, \Omega^q\star) \to H^{p-1}(V, d\Omega^q\star) \to H^p(V, \Phi^q\star) \to H^p(V, \Omega^q\star) \to .$$

Or, d'après un résultat de Kodaira [1], nous avons

$$H^p(V, \Omega^q\star) = 0 \qquad \text{pour} \quad p \geqq 1.$$

Comme (2) est une suite exacte, il en résulte

$$(3)\qquad H^p(V, \Phi^q\star) \cong H^{p-1}(V, d\Omega^q\star) \qquad (p \geqq 2),$$

$$(4)\qquad H^1(V, \Phi^q\star) \cong H^0(V, d\Omega^q\star)/dH^0(V, \Omega^q\star).$$

Nous définissons ensuite le faisceau résidu $R^1\star$ par la suite exacte

$$(5)\qquad 0 \to d\Omega^0\star \xrightarrow{j} \Phi^1\star \to R^1\star \to 0,$$

où j est l'homomorphisme injection. La suite de cohomologie de (5) est

$$(6)\qquad \to (H^0 V, \Phi^1\star) \to H^0(V, R^1\star) \to H^1(V, d\Omega^0\star) \to H^1(V, \Phi^1\star) \xrightarrow{\pi} H^1(V, R^1\star) \to .$$

Nous définissons maintenant une 2-*forme de seconde espèce* comme un élément de $H^0(V, \Phi^2\star)$ qui satisfait aux conditions suivantes :

---

(1) *Proc. Nat. Acad. Sc.* U. S. A., 39, 1953, p. 1268-1273.

(i) c'est localement une forme dérivée, c'est-à-dire appartenant à $H^0(V, d\Omega^1\star)$;

(ii) l'élément de $H^1(V, \Phi^1\star)$ qu'il définit par (4) appartient au noyau de π [dans la suite (6)].

Nous dirons que des 2-formes *indépendantes*, s'il n'en existe pas de combinaison linéaire égale à une forme dérivée, c'est-à-dire appartenant à $dH^0(V, \Omega^1\star)$. Du fait que (6) est une suite exacte, de notre définition des formes de seconde espèce et de (4), il résulte que le nombre maximum de 2-formes indépendantes, que nous désignons par ρ_0, est donné par

$$\rho_0 = \dim[H^1(V, d\Omega^0\star)/\operatorname{im} H^0(V, R^1\star)]. \tag{7}$$

Considérons maintenant une sous-variété irréductible quelconque W à $m-1$ dimensions. Nous pouvons choisir un recouvrement ouvert $\{U_j\}$ de V de manière que W ait dans chaque U_j une équation locale $f_j = 0$. Alors $\{df_j/f_j\}$ définit un élément de $H^0(V, R^1\star)$, car on a

$$\frac{df_j}{f_j} - \frac{df_k}{f_k} = d\left(\log\frac{f_j}{f_k}\right) \quad \text{dans } U_j \cap U_k,$$

et $d(\log f_j/f_k)$ est une section locale de $d\Omega^0\star$ dans $U_j \cap U_k$. On peut montrer de plus que chaque élément de $H^0(V, R^1\star)$ se laisse représenter par une somme d'éléments de ce type. Il en résulte que la correspondance [2] $(1/2\pi i)\{df_j/f_j\} \leftrightarrow W$ détermine un isomorphisme entre $H^0(V, R^1\star)$ et $\mathcal{D}$, le groupe des diviseurs sur V (avec des coefficients complexes). Si maintenant nous introduisons cet isomorphisme dans (6), en même temps que l'isomorphisme

$$H^1(V, d\Omega^0\star) \cong H^2(V, C)$$

donné par (3), nous obtenons la suite exacte

$$\to H^0(V, \Phi^1\star) \to \mathcal{D} \xrightarrow{\alpha} H^2(V, C) \to H^1(V, \Phi^1\star) \to. \tag{8}$$

L'homomorphisme $\alpha : \mathcal{D} \to H^2(V, C)$, ainsi qu'on le montre facilement, est celui qui assigne à chaque diviseur sur V [considéré comme un $(2m-2)$-cycle] sa classe de cohomologie duale. Il en résulte que dim $[\alpha(\mathcal{D})]$ est égal au nombre de cycles homologiquement indépendants parmi les diviseurs de V. Dans la notation usuelle, ce nombre est désigné par ρ et appelé le *nombre de Picard* de V. Le fait que (8) est une suite exacte exprime alors qu'un diviseur est homologue à zéro s'il est le diviseur logarithmique d'une 1-forme méromorphe fermée (« intégrale simple de troisième espèce »), et dans ce cas seulement, résultat classique pour les surfaces algébriques.

---

(2) Le facteur $1/2\pi i$ est inséré pour donner l'isomorphisme naturel, dans un sens qui apparaîtra clairement plus loin.

A partir de (7), nous obtenons maintenant

$$\begin{aligned}\rho_0 &= \dim [H^2(V, C)/\alpha(\varpi)] \\ &= \dim H^2(V, C) - \dim [\alpha(\varpi)] \\ &= R_2 - \rho.\end{aligned}$$

Cela donne le théorème de Picard-Lefschetz :

Téorème. — *Le nombre maximum de 2-formes indépendantes de seconde espèce est égal à* $R_2 - \rho$.

La définition donnée ici d'une 2-forme de seconde espèce diffère de celle de Picard et Lefschetz, mais il n'est pas difficile de montrer que les deux définitions sont équivalentes.

Des méthodes analogues conduisent aux résultats correspondants pour les intégrales p-uples de seconde espèce, bien qu'une généralisation complète du théorème ci-dessus exige une hypothèse sur la résolution des singularités.

ALGÈBRE. — *Sur quelques propriétés de certaines classes de demi-groupes.* Note de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Conditions pour qu'un demi-groupe soit un homogroupe. Demi-groupes réunions de demi-groupes disjoints sans idéaux premiers véritables. Conditions pour qu'un demi-groupe sans idéaux premiers véritables soit un groupe.

1. Un homogroupe [1] est un demi-groupe possédant un groupe comme idéal. Tout demi-groupe avec élément zéro est évidemment un homogroupe.

Théorème 1. — *Pour qu'un demi-groupe* D *sans élément zéro soit un homogroupe, il faut et il suffit qu'il soit réversible* [2] *et qu'il contienne un idéal à droite minimal et un idéal à gauche minimal.*

La nécessité de la condition découle immédiatement des propriétés des homogroupes.

La condition est suffisante. Si M est un idéal à droite minimal de D, M est le seul idéal à droite minimal de D. En effet, si M_1 est un idéal à droite minimal de D et si $m \in M$, $m_1 \in M_1$, on a $mD \cap m_1D \neq \emptyset$. Donc $MD \cap M_1D \neq \emptyset$ et $M \cap M_1 \neq 0$, ce qui entraîne $M = M_1$, puisque M et M_1 sont minimaux. Comme mM est un idéal à droite de D, on a $mM = M$, pour tout $m \in M$. De plus, M est un idéal bilatère minimal de D, car, dans un demi-groupe sans zéro et possédant un idéal à droite minimal, la réunion des idéaux à droite minimaux est un idéal bilatère minimal [3]. On montre de même que D contient un

(1) Les homogroupes ont été introduits sous le nom de « demi-groupes avec éléments zéroïdes » par A. H. Clifford et D. D. Miller, *Amer. J. Math.*, 70, 1948, p. 117-125.

(2) *Cf.* P. Dubreil, *Mém. Acad. Sc.*, 63, 1941, p. 1-52. Un demi-groupe D est réversible, si pour tout couple d'éléments $a, b \in D$, on a $aD \cap bD \neq \emptyset$, $Da \cap Db \neq \emptyset$.

(3) *Cf.* A. H. Clifford, *Amer. J. Math.*, 1948, p. 521-526.

idéal mininal N, avec $Nn = N$ pour tout $n \in N$. Mais $M = N$. Donc M est un groupe et D un homogroupe.

Tout demi-groupe fini (avec ou sans zéro) contient au moins un idéal à droite minimal et un idéal à gauche minimal. Comme tout homogroupe est réversible, on a par conséquent le théorème suivant :

Théorème 2. — *Pour qu'un demi-groupe fini soit un homogroupe, il faut et il suffit qu'il soit réversible.*

2. Un demi-groupe D est dit *fortement réversible* si pour tout couple d'éléments $a, b \in D$, il existe des entiers positifs r, s, t, tels que l'on ait

$$(ab)^r = a^s b^t = b^t a^s.$$

Tout demi-groupe abélien est évidemment fortement réversible.

Théorème 3. — *Tout demi-groupe* D *fortement réversible est réunion de demi-groupes disjoints sans idéaux premiers véritables* (4).

Considérons dans D l'équivalence R définie par $a \equiv b(R)$ si et seulement s'il existe des entiers positifs m et n tels que l'on ait $a^m = b^n$. Toute classe X mod R est un sous-demi-groupe de D. Il suffit pour le montrer d'établir que $ab \equiv a(S)$. Or de

$$(ab)^r = a^s b^t = b^t a^s \qquad \text{et} \qquad a^m = b^n,$$

il suit

$$(ab)^{rn} = a^{sn} b^{tn} = a^{sn} (b^n)^t = a^{sn} a^{mt} = a^{sn+mt}.$$

Le demi-groupe X ne contient pas d'idéaux premiers véritables. En effet, si P est un idéal premier véritable de X, le complexe $P' = X - P$ est un sous-demi-groupe consistant (5) de X, c'est-à-dire tel que $xy \in P'$ entraîne $x \in P'$, $y \in P'$. Si $p \in P$, $q \in P'$ on a $p \equiv q(R)$, c'est-à-dire $p^{m_1} = q^{n_1}$, m_1 et n_1 étant des entiers positifs. Mais $q^{n_1} \in P'$, donc $p^{m_1} \in P'$ et $p \in P'$, ce qui est impossible.

Théorème 4. — *Pour qu'un demi-groupe abélien* A *soit sans idéaux premiers véritables, il faut et il suffit que pour tout couple d'éléments* $a, b \in A$, *il existe un élément* $x \in A$ *et un entier positif* n *tel que l'on ait* $ax = b^n$.

La condition est nécessaire. En effet, si B est le demi-groupe cyclique engendré par b, l'ensemble $T (\neq \emptyset)$ des éléments t de A tels qu'il existe t' vérifiant $tt' \in B$ est un sous demi-groupe consistant de A. Par conséquent $A = T$ et il existe z tel que $ax \in B$.

La condition est suffisante. Si P est un idéal premier véritable de A, si $a \in P$ et si $b \in P' = A - P$, on a $ax = b^n$, avec $ax \in P$, $b^n \in P'$. Donc $P \cap P' \neq \emptyset$, ce qui est impossible.

---

(4) Un idéal P du demi-groupe D est premier, si la relation $ab \in P$ entraîne que l'un au moins des éléments a ou b appartient à P. Si $P \neq D$, l'idéal premier P est dit véritable. Le complémentaire d'un idéal premier véritable est un sous-demi-groupe consistant véritable de D et inversement.

(5) *Cf.* P. Dubreil, *loc. cit.*

THÉORÈME 5. — *Tout demi-groupe fini* F *est réunion de demi-groupes disjoints sans idéaux premiers véritables.*

Le demi-groupe F, étant fini, contient un sous-demi-groupe consistant minimal M_1. Le demi-groupe M_1 ne contient pas d'idéaux premiers véritables. En effet, soit P un idéal premier véritable de M_1. Le complexe $P' = M_1 - P$ est alors un sous-demi-groupe consistant de M_1. Comme M_1 est consistant, P' est également un sous-demi-groupe consistant de F, ce qui est impossible. Si $M_1 \subset F$, le complexe $F_1 = F - M_1$ est un demi-groupe fini, et on peut lui appliquer le raisonnement précédent et ainsi de suite. Comme F est fini, on a bien le théorème annoncé.

THÉORÈME 6. — *Tout demi-groupe* D, *sans idéaux premiers véritables et possédant un élément neutre e tel que tout élément inversible à gauche est inversible à droite, est un groupe.*

Soit U l'ensemble des éléments u de D tels qu'il existe x vérifiant $ux = e$. L'ensemble U est évidemment un groupe. Soit $rs \in U$. Il existe t tel que $rst = e$. Donc $r \in U$. D'autre part, d'après l'hypothèse, il existe v tel que $stv = e$. Donc s appartient à U, et U est un sous-groupe consistant de D. Comme D ne contient pas d'idéaux premiers véritables, donc pas de sous-demi-groupes consistants véritables, on a $U = D$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Approximations par polynomes avec conditions diophantiennes.* Note de M. **MICHEL FEKETE**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit E un ensemble borné et fermé de points z dans le plan complexe, tel que chaque fonction $f(z)$ définie et continue pour $z \in E$, y peut être approchée uniformément par des polynomes $\pi(z) = \gamma_0 + \gamma_1 z + \ldots + \gamma_k z^k$ à coefficients complexes avec toute précision donnée. Les théorèmes de Weierstrass de MM. Walsh et Lavrentieff relatifs à trois cas spéciaux (segment de l'axe réel, arcs jordaniens, ensembles partout non denses ne morcelant pas le plan) ont établi l'existence d'ensembles très généraux de cette nature.

2. Nous allons chercher des conditions nécessaires et suffisantes portant sur E et $f(z)$ pour que cette dernière admette des polynomes l'approchant uniformément dans E d'aussi près que l'on veut et possédant pour coefficients des nombres algébriques entiers d'un corps quadratique imaginaire donné $P(\eta)$ engendré par $\eta^2 + a\eta + b = 0$ avec $a^2 - 4b < 0$. Naturellement $f(z)$ sera différent dans E de tous les polynomes à coefficients entiers de $P(\eta)$.

3. Ce problème a été soulevé et résolu par J. Pál [1] en 1914 pour le cas où E se réduit à l'intervalle réel $|x| \leq \alpha < 1$ et où $f(x)$ est soumise à la condition

(1) *Tohoku Math. J.*, 6, p. 42-43.

d'admettre des polynomes d'approximation à coefficients *rationnels* entiers; il a démontré que $f(0) =$ nombre entier est nécessaire et suffisante pour l'existence de polynomes ayant les propriétés désirées. L'extension du problème de Pál par Kakeya ([2]) et par moi-même au cas de l'intervalle $(-1, 1)$, (ensemble symétrique par rapport à $x = 0$) en 1915 et, l'année suivante, par Fekete et Lukács au cas des intervalles I : $a \leq x \leq b$ de position arbitraire relativement à l'origine, a conduit ces auteurs à des résultats dont nous omettons cependant la citation, car ils sont tous contenus dans ce que nous allons établir. Mais, en terminant cet aperçu historique, signalons encore que la condition $b - a = l < 4$ trouvée par Fekete et Lukács comme nécessaire pour l'approximabilité de $f(x)$ de la manière désirée [et retrouvée en 1923 par Okada ([3])] s'exprime comme $\tau(\mathrm{I}) < 1$, moyennant la fonction d'ensemble $\tau(\mathrm{E})$, dite le diamètre transfini de E, introduite en 1923 par l'auteur ([4]) pour chaque ensemble borné et fermé de points z dans le plan complexe.

4. C'est précisément le diamètre transfini qui nous servira pour énoncer la condition nécessaire pour E afin qu'on puisse y approcher indéfiniment une fonction $f(z)$ du type caractérisé ci-dessus par des polynomes de la façon exigée. Un autre concept que nous appliquons est celui du noyau algébrique $\mathrm{N} = \mathrm{N}(\mathrm{E}, \mathrm{P}(\eta))$ par rapport à un corps $\mathrm{P}(\eta)$ sur un ensemble fermé et borné E, à savoir le sous-ensemble de E formé des racines de chaque équation $z^m + l_1 z^{m-1} + \ldots + l_m = 0$ possédant des entiers du corps $\mathrm{P}(\eta)$ comme coefficients, irréductible dans ce corps et dont les racines sont toutes dans E.

5. Énonçons, moyennant les deux concepts que nous venons de mentionner, un résultat qui nous servira au n° 6 comme notre

Lemme principal. — *Soit* E *un ensemble borné et fermé du plan z dont le diamètre transfini* $\tau(\mathrm{E})$ *est plus petit que l'unité. Soit de plus* $\mathrm{P}(\eta)$ *un corps quadratique imaginaire arbitraire. Alors le noyau* $\mathrm{N} = \mathrm{N}(\mathrm{E}, \mathrm{P}(\eta))$ *de* E *est ou bien vide, ou bien contient un nombre fini de points de* E.

Ce lemme est une généralisation d'un théorème de l'auteur ([4]) et on peut le démontrer pareillement par les propriétés connues des entiers du $\mathrm{P}(\eta)$.

6. On arrive aux conditions nécessaires à l'aide de deux propositions :

Théorème I. — *S'il y a une fonction* $f(z)$ *partout continue dans* E [*non égale à aucun polynome à coefficients entiers du corps* $\mathrm{P}(\eta)$] *qui admet dans* E *des polynomes d'approximation uniforme à tels coefficients avec une précision donnée quelconque, alors* $\tau(\mathrm{E}) < 1$ *et en vertu du lemme principal, le noyau* $\mathrm{N}(\mathrm{E}, \mathrm{P}(\eta))$ *de* E *ne contiendra qu'un nombre fini de points de* E.

Théorème II. — *Si le noyau* N *de* E *est non vide, alors chaque fonction de* $f(z)$ *du type caractérisé dans le théorème précédent admettra en les points* $z_1, \ldots, z_n$

([2]) *Ibid.*, 6, p. 182-186.

([3]) *Ibid.*, 23, p. 26-35.

([4]) *Math. Z.*, 17, 1923, p. 228-249.

de E qui forment le noyau N des valeurs $f(z_\nu)$, $(1 \leq \nu \leq n)$ tels que le polynome interpolatoire lagrangien $l(z)$ de $f(z)$ relatif aux nœuds z_ν

$$l(z) = \sum_{\nu=1}^{n} f(z_\nu) \frac{\lambda(z)}{(z - z_\nu)\lambda'(z_\nu)} = l_0 + l_1 z + \ldots + l_{n-1} z^{n-1},$$

$$\lambda(z) = \prod_{\nu=1}^{n} (z - z_\nu) = z^n + \lambda_1 z^{n-1} + \ldots + \lambda_n$$

ne possèdera que des nombres algébriques entiers du corps $P(\eta)$ *comme coefficients.*

7. Pour la démonstration du théorème I, remarquons que par hypothèse, il y a, parmi les polynomes $p(z)$ d'approximation de $f(z)$ au moins deux, soient $p_1(z)$ et $p_2(z)$ différents l'un de l'autre dans E et y satisfaisant partout aux inégalités $|f(z)-p_1(z)| < 1/2$, $|f(z)-p_2(z)| < 1/4$ d'où $q(z) = p_1(z) - p_2(z) \neq 0$ avec $|q(z)| < 3/4$; donc les polynomes tchebycheffiens de E de degré assez grand sont de module-maximum < 1 dans E, vu les conditions concernant les coefficients des $p(z)$ d'où s'ensuit $\tau(E) < 1$ en vertu de la connexion ([4]) entre cette fonction d'ensemble et les polynomes de Tchebycheff.

Le comportement de $f(z)$ sur le noyau N moyennant les propriétés de $l(z)$ formulées dans le théorème II, découle de l'inégalité $\prod_{\nu=1} |q(z_\nu)| \leq (3/4)^n$ qui entraîne à son tour $q(z) = 0$ partout dans N, vu les conditions diophantiennes concernant les polynomes d'approximation $p(z)$. Mais de la dernière inégalité il s'ensuit $p_1(z_\nu) = p_2(z_\nu)$, $1 \leq \nu \leq n$, pour tous les couples $p_1(z)$, $p_2(z)$ assez proches de $f(z)$ dans E, donc $f(z) = p(z)$ vaut pour tous les $z \in N$ pourvu que $p(z)$ diffère assez peu de $f(z)$ dans E. Alors un tel polynome d'approximation de $f(z)$ est aussi un polynome interpolatoire de cette fonction correspondant aux nœuds qui forment le noyau N, c'est-à-dire $\lambda(z)$ [polynome à coefficients entiers de $P(\eta)$ en z dont la puissance la plus élevée a un coefficient égal à 1] divise $p(z) - l(z)$, le quotient $\mu(z) = [p(z) - l(z)]/\lambda(z)$ étant évidemment un polynome à coefficients entiers de $P(\eta)$, vu nos hypothèses $p(z)$ et $\lambda(z)$; donc $l(z)$ l'est aussi.

8. Les conditions portant sur E et le comportement de $f(z)$ sur $N(E, P(\eta))$ contenues dans les théorèmes I et II et dont nous venons de démontrer la nécessité, fournissent aussi un système suffisant de conditions pour l'approximation voulue. Nous y reviendrons dans une prochaine Note.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation par fonctions analytiques bornées.* Note de M. **Joseph L. Walsh**, présentée par M. Paul Montel.

Des résultats antérieurs de l'auteur sur le degré d'approximation par fonctions analytiques bornées, qui se rapportent aux domaines d'analyticité, peuvent être précisés en considérant l'allure sur la frontière.

Le théorème suivant, dont nous indiquons la démonstration par une méthode nouvelle, est plus précis sous quelques aspects qu'un résultat antérieur ([1]) qui s'occupe plutôt des $n^{\text{ièmes}}$ racines des modules des fonctions que des modules eux-mêmes :

THÉORÈME. — *Soit* A, *un anneau du plan des* z *dont la frontière consiste en deux courbes de Jordan* C_1 *et* C_0, C_0 *intérieure à* C_1. *Soit la fonction* $u(z)$, *harmonique dans* A, *continue dans la fermeture de* A, *égale à zéro et un sur* C_0 *et* C_1 *respectivement; pour tout* $\sigma\ (0<\sigma<1)$, *soit* C_σ *la courbe* $u(z)=\sigma$ *dans* A. *Soit* R, *le module de* A *pour la représentation conforme de* A *sur un anneau circulaire.*

Si la fonction $f(z)$ *est analytique dans l'anneau* (C_0, C_σ), $\sigma=\log R_0/\log R<1$, *continue dans la fermeture de cet anneau, et de classe* $L(p, \alpha)$ *sur* C_σ, *alors il existe des fonctions* $F_n(z)$ *analytiques dans* A *et continues dans la fermeture de* A, *qui vérifient les inégalités* $(n=1, 2, \ldots)$

$$(1)\qquad |f(z)-F_n(z)|\leq\frac{B_1}{R_0^n\, n^{p+\alpha}},\quad z \text{ sur } C_0,$$

$$(2)\qquad |F_n(z)|\leq\frac{B_2}{R_0^n}\frac{R_n}{n^{p+\alpha}},\quad z \text{ dans } A.$$

Si cette fonction $f(z)$ *est analytique en tout point intérieur à* C_σ, *et si la courbe* C_0 *est analytique, on peut aussi choisir les* $F_n(z)$ *analytiques à l'intérieur de* C_1.

Réciproquement, si les fonctions $F_n(z)$ *sont analytiques dans* A, *continues dans la fermeture de* A, *si la fonction* $f(z)$ *est continue sur* C_0, *et si les inégalités* (1) *et* (2) *sont valables avec* $p(>0)$ *entier, alors la suite* $F_n(z)$ *converge uniformément dans l'anneau fermé* (C_0, C_σ) *vers une fonction* $f(z)$ *qui est de classe* $L(p-1, \alpha)$ *sur* C_σ.

La classe $L(p, \alpha)$ sur C_σ est définie comme la classe de fonctions dont la $p^{\text{ième}}$ dérivée existe sur C_σ et y satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre α, $0<\alpha<1$. Les nombres B_k représentent des constantes, indépendantes de n et de z.

Si C_0 est le cercle $|z|=1$ et C_1 $|z|=R(>1)$, avec

$$f(z)=\sum_{-\infty}^{+\infty}a_n z^n,\qquad f_1(z)=\sum_{0}^{\infty}a_n z^n,$$

$f_2(z)\equiv f(z)-f_1(z)$ dans A, nous avons l'inégalité connue

$$|a_n|\leq\frac{B_3}{R_0^n\, n^{p+\alpha}}\qquad (n>0).$$

Donc, avec $S_n(z)\equiv\sum_0^n a_m z^m$, nous avons

$$(3)\qquad |f_1(z)-S_n(z)|\leq\frac{B_4}{R_0^n\, n^{p+\alpha}}\ \text{ sur } C_0,\qquad |S_n(z)|\leq\frac{B_5 R^n}{R_0^n\, n^{p+\alpha}}\ \text{ dans } A,$$

ou encore (1) et (2) avec $F_n(z)\equiv S_n(z)+f_2(z)$.

([1]) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 24, 1938, p. 477.

Un anneau A quelconque admet une représentation conforme sur un anneau circulaire, donc nous avons démontré (1) et (2) pour tout anneau.

Si C_0 est analytique et si $f(z)$ est analytique en tout point intérieur à C_σ, nous faisons la représentation conforme $z=\varphi(w)$, $w=\psi(z)$ de A sur l'anneau A' entre $|w|=1$ et $|w|=R(>1)$ du plan des w. La fonction $\varphi(w)$ est analytique et univalente même dans un anneau $1-\delta_1 \leq |w| < R$, $\delta_1 > 0$, et la démonstration déjà donnée montre la validité de l'analogue de (3) sur $|w|=1-\delta_i$, donc la validité de

$$(4) \qquad |f(z)-\Phi_n(z)| < \frac{B_6}{R_n^0 \cdot n^{p+\alpha}}, \qquad \Phi_n(z) \equiv S_n[\psi(z)] + f_2[\psi(z)],$$

sur une courbe $C_{-\delta}$ intérieure à C_0. Nous posons

$$(5) \qquad \Phi_{n2}(z) \equiv \frac{1}{2\pi i}\int_{C_{-\delta}} \frac{\Phi_n(t)\,dt}{t-z} \equiv \frac{1}{2\pi i}\int_{C_{-\delta}} \frac{[\Phi_n(t)-f(t)]\,dt}{t-z},$$

z à l'extérieur de $C_{-\delta}$,

$$\Phi_n(z) \equiv \Phi_{n1}(z) + \Phi_{n2}(z) \quad \text{dans A},$$

en vertu de l'analyticité de $f(z)$ à l'intérieur de C_0. Donc (4) et (5) entraînent $|\Phi_{n2}(z)| < B_7/R_0^n\, n^{p+\alpha}$ sur et à l'extérieur de C_0, d'où (1) et (2) avec $F_n(z) \equiv \Phi_{n1}(z)$, fonction analytique partout à l'intérieur de C_1.

Réciproquement, de (1) et (2) avec $p>0$, on obtient

$$|F_{n+1}(z)-F_n(z)| < \frac{B_8}{R_0^n n^{p+\alpha}}, \quad z \text{ sur } C_0\,;$$

$$|F_{n+1}(z)-F_n(z)| < \frac{B_9 R^n}{R_0^n n^{p+\alpha}}, \quad z \text{ sur } C_1.$$

Le théorème des trois cercles de M. Hadamard, éventuellement après une représentation conforme de A, montre que

$$|F_{n+1}(z)-F_n(z)| < \frac{B_{10}}{n^{p+\alpha}}, \quad z \text{ sur } C_\sigma,$$

et le fait que $f(z)$ est de la classe $L(p-1, \alpha)$ sur C_σ suit ([2]). La suite $F_n(z)$ converge uniformément dans l'anneau (C_0, C_σ).

Ce théorème admet des applications immédiates à l'étude de l'approximation par polynomes et par fonctions rationnelles. Il s'étend aux classes $L(p, \alpha)$ avec une définition convenable pour $p<1$ et même pour $\alpha=1$. Il s'étend aussi à des domaines de genre plus grand que 1 ([3]). Nous donerons les détails ailleurs.

([2]) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 37, 1951, p. 821.

([3]) *Voir* M. de la Vallée Poussin, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 128.

TOPOLOGIE. — *La cohomologie réelle d'un espace fibré à fibre kählérienne.* Note de M. **André Blanchard**, présentée par M. Joseph Pérès.

J'ai récemment donné des conditions pour qu'un espace fibré analytique complexe soit kählérien [1]; ces conditions entraînent des propriétés beaucoup plus précises sur la cohomologie réelle de l'espace fibré.

1. Soit E(B, F) un espace fibré compact connexe dont la fibre F, connexe et de dimension $2n$ possède une classe de cohomologie réelle que nous désignerons par Q, de degré 2, telle que, pour p inférieur à n, la multiplication par Q^{n-p} définisse un isomorphisme de $H^p(F)$ sur $H^{2n-p}(F)$. (Dans tout ce qui suit il s'agit de cohomologie réelle.) Cette hypothèse est vérifiée en particulier si F est une variété pseudo-kählérienne. Supposons de plus Q et $H^1(F)$ invariants par $\pi_1(B)$ groupe de Poincaré de la base, $H^{2n}(F)$ et $H^{2n-1}(F)$ sont alors aussi invariants par $\pi_1(B)$. Tous ces éléments invariants de $H^*(F)$ ainsi que leurs produits avec des éléments de $H^*(B)$ peuvent être considérés comme éléments du terme E_2 de la suite spectrale et l'on peut écrire

$$d_2 Q = \Sigma_k y_k . b_k$$

les b_k formant une base de $H^2(B)$ et les y_k étant dans $H^1(F)$. Soit x un élément de $H^1(F)$, on a $x . Q^n = 0$, d'où

$$0 = d_2(x . Q^n) = (d_2 x) . Q^n - n x . Q^{n-1} . d_2 Q. \tag{1}$$

Si l'on connaît $d_2 Q$, la formule (1) nous donne $(d_2 x) Q^n$ donc $d_2 x$; inversement si l'on connaît $d_2 x$ quel que soit x dans $H^1(F)$ [c'est-à-dire la transgression $H^1(F) \to H^2(B)$] la formule (1) donne les produits de $d_2 Q$ avec les $x . Q^{n-1}$, donc les produits des y_k avec tous les éléments de $H^{2n-1}(F)$, et ceci détermine les y_k c'est-à-dire finalement $d_2 Q$. En particulier la condition nécessaire et suffisante pour que $d_2 Q$ soit nul est que la transgression $H^1(F) \to H^2(B)$ soit nulle.

Supposons que $d_2 Q$ soit nul, alors Q et ses puissances sont dans le terme E_3 de la suite spectrale, $d_3 Q$ est un élément b de $H^3(B)$ et comme $Q^{n+1} = 0$ on a

$$0 = d_3(Q^{n+1}) = (n+1) b . Q^n,$$

ce qui entraîne la nullité de $b = d_3 Q$: la classe Q est alors induite par une classe de l'espace fibré.

Théorème 1. — *Soit* E(B, F) *un espace fibré compact connexe dont la fibre* F *connexe est pseudo-kählérienne. On suppose que le groupe de cohomologie réelle* $H^1(F)$ *et la classe de cohomologie réelle* Q *de degré deux de* F *définie par*

la structure pseudo-kählérienne sont invariants par le groupe de Poincaré de la base. Alors la condition nécessaire et suffisante pour que Q *soit induite par une classe de cohomologie de l'espace est que la transgression* $H^1(F) \to H^2(B)$ *soit nulle.*

2. Supposons maintenant que tous les groupes $H^p(F)$ soient invariants par $\pi_1(B)$. On va montrer que si $d_2 Q$ est connu, d_2 est complètement déterminé. Supposons d_2 connu sur les classes de degré inférieur à r (r inférieur à $n = \dim F/2$), alors d_2 est connu aussi sur les classes de degré supérieur à $2n - r$, ces classes étant des produits de classes de degré inférieur à r par des puissances convenables de Q. Soit alors x une classe de degré $r + 1$ de F, $d_2 x$ est dans $H^r(F) \otimes H^2(B)$ et peut être déterminé par ses produits avec les éléments de $H^{2n-r}(F)$: or si z est dans $H^{2n-r}(F)$ on a $x.z = 0$ pour une raison de degré ; donc

$$0 = d_2(x.z) = (d_2 x).z + (-1)^{r+1} x.(d_2 z)$$

comme on connaît $d_2 z$ on peut trouver $d_2 x$, ceci montre par récurrence sur le degré fibre que d_2 est déterminé.

En particulier si $d_2 Q = 0$, d_2 est identiquement nul. On va voir que toutes les différentielles de Leray sont nulles. Soit d_s la première différentielle qui ne serait pas nulle, le terme E_s est isomorphe à E_2. Supposons d_s nul sur les classes de degré inférieur à r, on voit comme plus haut que d_s est nul sur les classes de degré supérieur à $2n - r$. Si x est une classe de degré $r + 1$ de F, $d_s x$ est dans $H^{r-s-2}(F) \otimes H^s(B)$ et sera déterminé par ses produits avec les z, éléments de $H^{2n-r+s-2}(F)$, mais on a alors $x.z = 0$ car le degré fibre de $x.z$ est $2n + s - 1 > 2n$, et $d_s z = 0$ car $2n - r + s - 2$ est au moins égal à $2n - r$. Donc $(d_s x).z = 0$ et $d_s x = 0$.

Théorème 2. — *Soit* E(B, F) *un espace fibré compact connexe à fibre pseudo-kählérienne connexe, si* $H^*(F)$ *est invariant par le groupe de Poincaré de* B, *la nullité de la transgression* $H^1(F) \to H^2(B)$ *entraîne la nullité de toutes les différentielles de Leray : les espaces vectoriels de cohomologie réelle de* E *sont alors isomorphes à ceux de* $B \times F$.

En particulier si E(B, F) est un espace fibré-algébrique, son groupe structural est connexe donc $H^*(F)$ est invariant par $\pi_1(B)$ et la nullité de la transgression $H^1(F) \to H^2(B)$ résulte du théorème énoncé dans ([1]) d'où :

Corollaire. — E(B, F) *étant une variété fibrée-algébrique complète (en géométrie algébrique classique) les espaces vectoriels de cohomologie réelle de* E *sont isomorphes à ceux de* $B \times F$.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2281.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les groupes d'automorphismes de certaines variétés kählériennes.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Isométries et automorphismes d'une variété kählerienne. Étude des variétés kähleriennes compactes qui sont espaces d'Einstein : il existe un isomorphisme entre l'algèbre du groupe G d'automorphismes et une algèbre définie sur l'espace des solutions de $\Delta\varphi = \lambda_0 \varphi$, où λ_0 est la plus petite valeur propre. Un plongement relatif aux espaces homogènes kähleriens.

1. Soit une variété kählerienne dont la métrique et la forme quadratique sont respectivement ([1])

$$ds^2 = 2 g_{\alpha\beta^*} dz^\alpha dz^{\beta^*} \qquad F = i g_{\alpha\beta^*} dz^\alpha \wedge dz^{\beta^*}.$$

On désignera par d et δ les opérateurs de différentiation et codifférentiation extérieures, par Δ le laplacien de G. de Rham (pour une 0-forme, il est opposé au laplacien ordinaire), par J l'opérateur presque complexe qui à la 1-forme α fait correspondre la 1-forme $(J\alpha)_i = F^k{}_i \alpha_k$.

Étant donné un groupe à 1 paramètre d'isométries de V_{2n} supposée irréductible, considérons la dérivée de Lie correspondante XF de F; si elle n'est pas nulle, elle définit une 2-forme Ψ de type (2, 0) à dérivée covariante nulle, nécessairement de rang $n (n = 2\nu)$; Ψ^ν est de type $(n, 0)$ et à dérivée covariante nulle; la courbure de Ricci de V_{2n} est nulle. On en déduit aisément en jouant sur la réductibilité ([2]) (le cas compact est trivial).

Théorème 1. — *Si V_{2n} est une variété kählerienne avec $\|R_{ij}\| \neq 0$, le plus grand groupe connexe d'isométries de V_{2n} préserve sa structure analytique.*

Un automorphisme de V_{2n} est un homéomorphisme analytique et isométrique. Soit G le plus grand groupe connexe d'automorphismes de V_{2n}; les éléments de son algèbre de Lie L peuvent être identifiés aux formes de Killing ξ, c'est-à-dire aux 1-formes telles que

$$(1) \qquad \nabla_\alpha \xi_\beta = 0, \qquad \nabla_\alpha \xi_{\beta^*} + \nabla_{\beta^*} \xi_\alpha = 0.$$

Les relations (1) entraînent en particulier

$$(2) \qquad dJ\xi = 0, \qquad \nabla_\alpha \xi^\alpha = \frac{i}{2} \delta J \xi.$$

Or par contraction des équations exprimant l'invariance de la connexion riemannienne, il vient ([2])

$$\nabla_\mu \nabla_\alpha \xi^\alpha = R_{\mu\rho^*} \xi^{\rho^*}, \qquad \nabla_{\mu^*} \nabla_\alpha \xi^\alpha = - R_{\mu^*\rho} \xi^\rho,$$

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 12 et 237, 1953, p. 695, dont nous reprenons les notations. En particulier $\alpha, \ldots = 1, \ldots, n$; $i, \ldots = 1, \ldots, 2n$; $i^* = i \pm n$.

([2]) Lichnerowicz, *Espaces homogènes kähleriens* (*Coll. int. géom. diff. Strasbourg*, 1953, en particulier, p. 176-178).

qui, compte tenu de (2), s'écrivent :

$$(\Delta J\xi)_i = (d\delta J\xi)_i = 2R_{ik}(J\xi)^k. \tag{3}$$

2. Nous n'envisageons maintenant que des variétés *kähleriennes compactes espaces d'Einstein* (variétés E_{2n}) c'est-à-dire telles que $2R_{\alpha\beta^*} = \lambda_0 g_{\alpha\beta}$ ($\lambda_0 = R/n \neq 0$). De telles variétés n'admettent un groupe G non réduit à l'identité que pour $R > 0$, ce que nous supposons. E_{2n} admet la métrique de Hodge définie par $(2\pi)^{-1} R_{\alpha\beta^*}$ et par suite (Kodaira) peut être identifiée à une variété algébrique sans singularité plongée dans un espace projectif complexe convenable ; (3) s'écrit

$$\Delta J\xi = \lambda_0 J\xi. \tag{3'}$$

Théorème 2. — *Sur une variété compacte* E_{2n} (φ *désignant une* o-*forme*) :
a. l'équation $\Delta\varphi = \lambda\varphi$ *n'admet pas de valeur propre* $\lambda < R/n$;
b. pour l'équation

$$\Delta\varphi = \frac{R}{n}\varphi, \tag{4}$$

il existe un isomorphisme entre l'algèbre de Lie du groupe G *d'automorphismes de* E_{2n} *et une algèbre définie sur l'espace des solutions de* (4). *Cet isomorphisme peut être défini par*

$$\xi = J\,d\varphi, \tag{5}$$

$$\lambda_0\varphi = -\delta J\xi, \tag{6}$$

v_i désignant une 1-forme arbitraire sur une variété riemannienne V_m, le scalaire

$$T(v) = v^i(\nabla_k\nabla^k v_i + R_{ik}v^k) - (\delta v)^2 + \frac{1}{2}(\nabla_i v_k + \nabla_k v_i)(\nabla^i v^k + \nabla^k v^i),$$

est une *divergence* sur V_m [3]. De (3′) on déduit $\Delta\delta J\xi = \lambda_0\delta J\xi$ et φ, défini par (6), est solution de (4). Inversement soit φ solution de $\Delta\varphi = \lambda\varphi$, ξ la 1-forme $J\,d\varphi$. Sur E_{2n}, on a :

$$T(\xi) = (\lambda_0 - \lambda)\xi^2 + \frac{1}{2}(\nabla_\alpha\xi_\beta + \nabla_\beta\xi_\alpha)(\nabla^\alpha\xi^\beta + \nabla^\beta\xi^\alpha)$$

et par intégration sur E_{2n}, on voit que $\lambda < \lambda_0$ ne peut être valeur propre. Pour $\lambda = \lambda_0$ le même procédé montre que ξ satisfait à (1) donc est forme de Killing. L'algèbre de Lie sur l'espace des solutions de (4) est définie par

$$[\varphi, \psi] = F^{ij}\partial_i\varphi\,\partial_j\psi = \xi^j\partial_j\psi.$$

Les deux algèbres étant identifiées, lorsque G opère sur E_{2n}, la représentation adjointe opère sur l'espace des solutions de (4).

3. On sait [2] que l'étude des espaces homogènes kähleriens compacts peut toujours être ramenée à celle des espaces G/H où G est simple, de centre réduit à e et où H est le centralisateur dans G d'un tore de G. Pour un tel espace qui

---

[3] Yano et Bochner, *Curvature and Betti numbers* (Princeton Univ. press, p. 56-57).

satisfait à $c_1^n \neq 0$ (c_1 première classe de Chern) la forme $R_{\alpha\beta^*} dz^\alpha dz^{\beta^*}$ est non dégénérée et par suite, d'après un résultat de Koszul, définie positive. Pour la métrique correspondante, l'espace étant homogène est un E_{2n}. Les solutions de (4) forment un système irréductible de fonctions fondamentales. Soit r la dimension de G, N(H) le normalisateur de H dans G (sa composante de e coïncide avec H). Le système étudié de fonctions fondamentales définit *un plongement global* (non isométrique en général) *de* G/N(H) *dans l'espace euclidien réel de dimension r*, G opérant sur la variété plongée par des rotations d'origine fixe. Si l'espace est symétrique, on précise ainsi un plongement (isométrique dans ce cas puisque $\tilde{H}$ est irréductible) indiqué par Élie Cartan (4).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens.* Note (*) de M. **Kentaro Yano**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans les espaces pseudo-hermitiens il existe plusieurs connexions métriques avec torsion; le problème de la correspondance projective entre eux dépend du choix de ces connexions.

1. On a déjà étudié le problème de la correspondance projective entre deux espaces hermitiens ou kähleriens (1).

La connexion affine dans un espace pseudo-kählerien est complètement déterminée par ses tenseurs fondamentaux g_{ji} et F_{ji} et leurs dérivées covariantes sont nulles par rapport à cette connexion. Mais la connexion affine dans un espace pseudo-hermitien n'est pas complètement déterminée par ses tenseurs fondamentaux. Donc le problème de la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens dépend de la connexion affine qu'on donne à ces deux espaces pseudo-hermitiens.

Il nous semble qu'il existe trois connexions affines importantes dans un espace pseudo-hermitien (2)

$$\Gamma_{ji}^h = \left\{ {h \atop ji} \right\} - \frac{1}{2}(\nabla_j F_{il}) F^{lh}, \tag{1}$$

$$\Gamma_{ji}^h = \left\{ {h \atop ji} \right\} - \frac{1}{2}(\nabla_j F_{il} + \nabla_i F_{jl} - \nabla_l F_{ij}) F^{lh}, \tag{2}$$

$$\Gamma_{ji}^h = \left\{ {h \atop ji} \right\} - \frac{1}{2}(\nabla_j F_{il} + \nabla_i F_{jl} + \nabla_l F_{ij}) F^{lh}; \tag{3}$$

---

(4) Élie Cartan, *Œuvres complètes*, I, p. 1078-1079; *voir* aussi G. de Rham, *Ann. Grenoble*, 22, 1946, p. 148-151).

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) N. Coburn, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 47, 1941, p. 901-910; S. Bochner, *Ibid.*, 53, 1947, p. 179-195; W. J. Westlake, *Proc. Amer. Math. Soc.*, 5, 1954, p. 301-303.

(2) G. Legrand, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1626. K. Yano, *Indigationes Mathematicae* (sous presse). Pour les notations on adopte celles de J. A. Schouten, *Ricci Calculus*, 1954.

où ∇_j désigne la dérivée covariante par rapport aux symboles de Christoffel $\left\{ {h \atop ji} \right\}$. Les dérivées covariantes des tenseurs fondamentaux sont toujours nulles par rapport à une de ces trois connexions.

La première connexion a été introduite par A. Lichnerowicz (3) et la seconde par J. A. Schouten et D. van Dantzig (4), S. S. Chern (5) et P. Libermann (6). Le problème de la correspondance projective entre deux espaces hermitiens a été étudié par W. J. Westlake (7) en prenant la seconde connexion.

Nous allons étudier le problème général de la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens.

2. Considérons deux espaces pseudo-hermitiens en correspondance projective dont les connexions affines sont respectivement données par

$$'\Gamma_{ji}^{h} = '\left\{ {h \atop ji} \right\} + 'T_{ji}^{..h}, \qquad \Gamma_{ji}^{h} = \left\{ {h \atop ij} \right\} + T_{ij}^{..h}.$$

Alors, on a

$$(4) \qquad '\Gamma_{(ji)}^{h} = \Gamma_{(ji)}^{h} + p_j A_i^h + p_i A_j^h$$

ou

$$(5) \qquad '\Gamma_{ji}^{h} - 'S_{ji}^{..h} = \Gamma_{ji}^{h} - S_{ji}^{..h} + p_j A_i^h + p_i A_j^h,$$

où nous avons posé

$$'S_{ji}^{..h} = '\Gamma_{[ji]}^{h} = 'T_{[ji]}^{..h}, \qquad S_{ji}^{..h} = \Gamma_{[ji]}^{h} = T_{[ji]}^{..h}.$$

Mais le tenseur fondamental $F_i^{.h}$ devant être le même pour deux espaces et les dérivées covariantes de $F_i^{.h}$ par rapport aux connexions $'\Gamma_{ji}^{h}$ et Γ_{ji}^{h} devant être nulles toutes les deux, on a

$$\partial_j F_i^{.h} + '\Gamma_{jl}^{h} F_i^{.l} - '\Gamma_{ji}^{l} F_l^{.h} = 0, \qquad \partial_j F_i^{.h} + \Gamma_{jl}^{h} F_i^{.l} - \Gamma_{ji}^{l} F_l^{.h} = 0,$$

d'où

$$(6) \qquad ('\Gamma_{jl}^{h} - \Gamma_{jl}^{h}) F_i^{.l} - ('\Gamma_{ji}^{l} - \Gamma_{ji}^{l}) F_l^{.h} = 0.$$

Des équations (5) et (6), on trouve

$$(7) \qquad ('S_{jl}^{..h} - S_{jl}^{..h} + p_l A_j^h) F_i^{.l} - ('S_{ji}^{..l} - S_{ji}^{..l} + p_i A_j^l) F_l^{.h} = 0,$$

d'où par contraction par rapport à h et j,

$$(8) \qquad ('S_{ml}^{..m} - S_{ml}^{..m} + 2n p_l) F_i^{.l} - ('S_{mi}^{..l} - S_{mi}^{..l}) F_l^{.m} = 0.$$

Donc on peut immédiatement voir que si les espaces sont tous les deux pseudo-kählériens, on a $'S_{ji}^{..h} = S_{ji}^{..h} = 0$ et par conséquent $p_i = 0$ d'où la correspondance projective est en réalité affine comme il a été montré par S. Bochner et W. J. Westlake.

---

(3) *Archiv der Math.*, 5, 1954, p. 207-215.

(4) *Math. Ann.*, 103, 1930, p. 319-346.

(5) *Ann. Math.*, 47, 1946, p. 85-121.

(6) *Thèse*, 1954.

(7) *Loc. cit.*

En éliminant p_l entre (7) et (8), on voit que *le tenseur*

$$(9)\quad \left[S_{jl}^{\cdot\cdot h} - \frac{1}{2n}(S_{ml}^{\cdot\cdot m} + S_{qp}^{\cdot\cdot r} F_r^{\cdot q} F_l^{\cdot p}) A_j^h\right] F_i^{\cdot l} - S_{ji}^{\cdot\cdot l} F_l^{\cdot h} + \frac{1}{2n}(S_{mi}^{\cdot\cdot m} + S_{qp}^{\cdot\cdot r} F_r^{\cdot q} F_i^{\cdot p}) F_j^{\cdot h}$$

doit être le même pour deux espaces pseudo-hermitiens.

Donc, pour savoir si la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens est possible ou non, il faut examiner la compatibilité de l'équation (7) pour chaque connexion (1), (2) ou (3) que l'on adopte.

MÉCANIQUE THÉORIQUE. — *Solution générale approximative des équations de la plasticité pour le cas de deux dimensions.* Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Henri Villat.

En linéarisant la condition de Treska (B) l'auteur obtient les solutions générales approximatives (*voir* Tableau), remarquables par leur simplicité et applicables facilement aux cas particuliers. Un exemple du plissement sous compression est considéré (*voir* la figure), plissement donnant lieu à certain effet de « miroir ». Les poids sont éliminés d'après la méthode indiquée dans « Annali di Geofisica », n° 1, p. 1 (1954).

1. Pour les phénomènes ne dépendant que de deux coordonnées cartésiennes (x, y), phénomènes si lents qu'on peut négliger l'influence de l'inertie, les équations des tensions plastiques X_{11}, X_{12}, X_{22} sont : (A) div. tens. $X_{ij} = 0$ et (B) $(X_{11} - X_{22})^2 + 4X_{12}^2 = \text{const.} = k^2$. Les équations (A) caractérisent en élasticité les états d'équilibre, tandis qu'en plasticité elles décrivent les états essentiellement instables ou même les processus lents. (En élasticité les conditions de compatibilité nous amènent à une équation *linéaire* pour la fonction d'Airy $\Delta\Delta\Phi = 0$. En plasticité ces conditions n'existent pas.) La fonction Φ d'Airy doit ici satisfaire à la condition (B) de Treska. On a

$$(C)\qquad \sqrt{\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\right)^2 + 4\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\right)^2} = k.$$

L'équation (C) étant *non-linéaire*, les difficultés de résolution sont en plasticité beaucoup plus grandes qu'en élasticité. (La méthode de M. Lévy (1870), la seule pour résoudre (A) et (B), ne donne pas les intégrales, mais leurs inverses et, étant difficilement applicable, n'a jamais été utilisée pour les cas particuliers.) Cependant une possibilité de linéarisation de (C) existe. On prouve facilement que parmi toutes les représentations d'une racine carrée $\sqrt{a^2 + b^2}$ dans le domaine $a < b$ par les fonctions linéaires, la représentation (D) $\sqrt{a^2 + b^2} \equiv \gamma_1 a + \gamma_2 b$; $\gamma_1 = 0{,}398$, $\gamma_2 = 0{,}960$ est la meilleure, les écarts relatifs sont $< 4\ \%$. Appliquant (D) à (C), on a

$$(E)\quad \gamma_1\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\right| + 2\gamma_2\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\right| = k, \qquad \text{ou}\qquad \gamma_2\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\right| + 2\gamma_1\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\right| = k,$$

(*) Séance du 15 novembre 1954.

selon le cas. Modifiant, même légèrement, l'équation (A), on introduit une faute dans les solutions, car (A) est exact. Au contraire, (B) n'est qu'une description approximative des courbes expérimentales, s'écartant de plus de 4 % de ces dernières. C'est encore une question de savoir qui de (B) ou de (E) est plus proche de la réalité et c'est pourquoi il est inutile de parler d'une faute introduite dans les solutions par l'acceptation de (E). Si l'on introduit Φ sous la forme (F) $\Phi = F_1(n_1 x + m_1 y) + F_2(n_2 x + m_2 y)$ on obtient les solutions pour X_{11}, X_{12}, X_{22} contenant deux fonctions arbitraires : $f = F''_1$ et $g = F''_2$.

Conditions.	Solutions.
$X_{22} > X_{11}, \quad X_{12} \gtrless 0 \quad X_{22} - X_{11} > 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 9f(6x \pm 9y) + 4g(6x \mp 4y) + \frac{\alpha k}{\gamma_2}$
$X_{22} = 4f(6x \pm 9y) + 9g(6x \mp 4y) + \frac{\beta k}{\gamma_2}$	$X_{12} = \pm 6f(6x \pm 9y) \mp 6g(6x \mp 4y) \pm \frac{(1 + \alpha - \beta)k}{2\gamma_1}$
$X_{22} > X_{11}, \quad X_{12} \gtrless 0 \quad X_{22} - X_{11} < 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 25f(5x \pm 25y) + g(5x \mp y) + \frac{\alpha k}{\gamma_1}$
$X_{22} = f(5x \pm 25y) + 25g(5x \mp y) + \frac{\beta k}{\gamma_1}$	$X_{12} = \pm 5f(5x \pm 25y) \mp 5g(5x \mp y) \pm \frac{(1 + \alpha - \beta)k}{2\gamma_2}$
$X_{22} < X_{11}, \quad X_{12} \gtrless 0 \quad X_{11} - X_{22} > 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 9f(6x \mp 9y) + 6g(6x \pm 4y) + \frac{\alpha k}{\gamma_2}$
$X_{22} = 4f(6x \mp 9y) + 9g(6x \pm 4y) + \frac{\beta k}{\gamma_2}$	$X_{12} = \mp 6f(6x \mp 9y) \pm 6g(6x \pm 4y) \pm \frac{(1 - \alpha + \beta)k}{2\gamma_1}$
$X_{22} < X_{11}, \quad X_{12} \gtrless 0 \quad X_{11} - X_{22} < 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 25f(5x \mp 25y) + g(5x \pm y) + \frac{\alpha k}{\gamma_1}$
$X_{22} = f(5x \mp 25y) + 25g(5x \pm y) + \frac{\beta k}{\gamma_1}$	$X_{12} = \mp 5f(5x \mp 25y) \pm 5g(5x \pm y) \pm \frac{(1 - \alpha + \beta)k}{2\gamma_2}$

Dans le Tableau ces solutions sont sommairement représentées pour tous les cas possibles. Quand les tensions sont déterminées, pour trouver les déformations $u = \partial F/\partial y$, $v = -\partial F/\partial x$, on n'a qu'à résoudre l'équation

$$(G) \qquad (X_{11} - X_{22})\left(\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}\right) = 4X_{12}\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial y}$$

qui est aussi linéaire.

2. Les formes qu'on obtient par cette voie et qui figurent sur le tableau, sont extrêmement simples ; elles rivalisent dans ce sens avec la solution de d'Alembert de l'équation d'ondes. Les applications peuvent en être très nombreuses. A titre d'exemple, considérons le plissement sous compression. Nous ne nous bornerons qu'au moment initial de ce phénomène, phénomène équivalent à celui qui nous amène au critérium d'Euler en élasticité. Imaginons (*fig.* 1) qu'un morceau plastique soit comprimé horizontalement plus que verticalement ($X_{11} > X_{22}$). Ce morceau peut être considéré soit comme une pièce plastique à l'échelle humaine, soit comme une partie de l'écorce à l'échelle du Globe. Dans ce dernier cas, supposons qu'au-dessus de la ligne AB se trouvent les parties peu plastiques, ou même morcelées, qui produisent la

pression. Ce morcellement aura pour effet que sur AB n'existeront que des pressions (H) $X_{12}|_{AB} = 0$. Sur l'élimination du poids *voir* l'article cité. Alors

on a $2|X_{12}| < X_{11} - X_{22}$. Si l'on suppose $X_{12} > 0$, de la condition (H), il découle

$$\text{(I)} \qquad X_{11} = 9f(6x - 9y) + 4f(6x + 4y) + \text{const.}, \quad \ldots$$

Il nous reste encore à satisfaire aux conditions des pressions horizontales

$$\text{(J)} \qquad X_{11}|_{x=0} = 9f(-9y) + 4f(4y) + \text{const.} = \sum_i A_i \cos(n_i y + \varphi_i) + \text{const.},$$

où le deuxième membre représente une pression donnée (sur les causes de ces pressions *voir* l'article cité). La solution de (J) est

$$\text{(K)} \qquad f(z) = \frac{1}{9} \sum_i A_i \sum_k \left(-\frac{4}{9}\right)^k \cos\left[\frac{n_i z}{9}\left(-\frac{4}{9}\right)^k - \varphi_i\right],$$

les tensions sur AB (— tensions créant les plis) sont approximativement

$$\text{(L)} \qquad X_{22}|_{y=0} = \frac{13}{9} \sum_i A_i \left\{ \underline{\cos\left(\frac{2n_i z}{3} - \varphi_i\right)} - \frac{4}{9}\cos\left(\frac{8n_i z}{27} + \varphi_i\right) \quad \ldots \right\}.$$

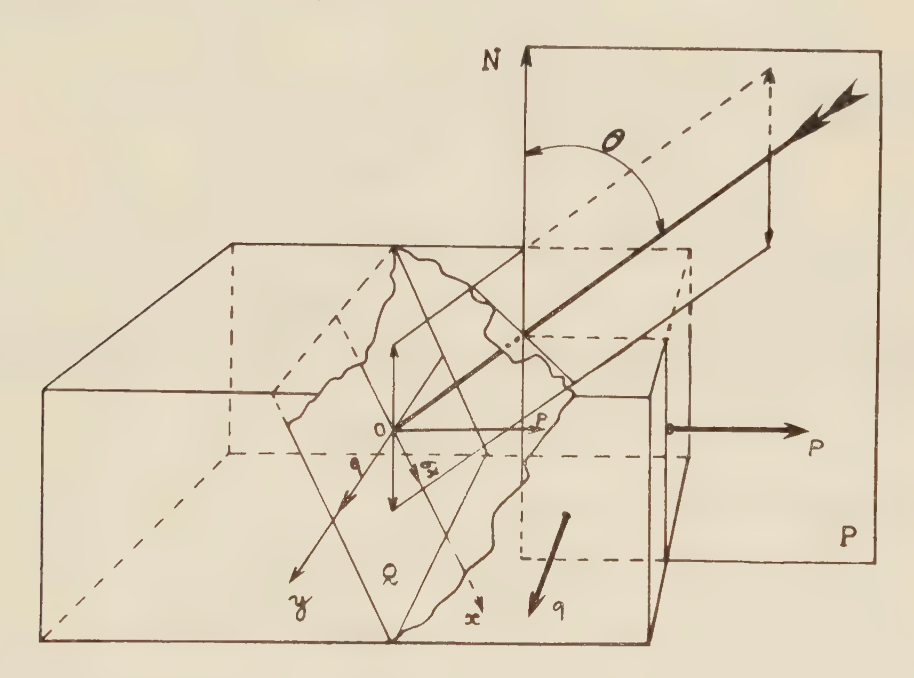
On voit ainsi qu'un phénomène de « miroir » existe : *la distribution des pressions en profondeur sur* AC *se reproduit, allongée aux* 3/2 *et un peu déformée, sur* AB. C'est l'inhomogénéité des couches qui déterminera la forme de Σ dans (J). Le pli le plus large correspondra approximativement à la largeur totale des couches en plissement.

ÉLASTICITÉ. — *Méthode optique de mesure et séparation des contraintes en élasticité plane.* Note de M. **Paul Acloque**, présentée par M. Armand de Gramont.

En utilisant un faisceau oblique polarisé à 45° du plan d'incidence, il est possible d'obtenir, par une seule visée dans chacun des plans principaux d'un échantillon étudié par photoélasticimétrie plane, les valeurs séparées des contraintes, même en des zones singulières.

La méthode habituelle pour l'étude des contraintes planes dans un matériau transparent susceptible de biréfringence accidentelle utilise l'observation polariscopique perpendiculairement aux faces de l'échantillon, observation qui permet la construction des isoclines d'où l'on déduit les isostatiques, et des isochromes d'où l'on tire la différence $(p - q)$ des contraintes principales. Mais ces contraintes ne peuvent être séparées directement qu'aux limites de l'échantillon.

La présente méthode permet de séparer immédiatement les contraintes par le moyen de mesures de biréfringence suivant un rayon lumineux incliné sur la normale aux faces de l'échantillon et polarisé à 45° du plan d'incidence. Pour obtenir, sans sujétion d'angle limite, une valeur quelconque de l'angle d'incidence, il est commode d'utiliser un prisme de même matière que l'échantillon à l'entrée et à la sortie du rayon lumineux, une mince interposition d'un liquide transparent assurant le contact optique. On peut envisager deux dispositions, l'une permettant l'observation par transmission, l'autre l'observation par réflexion (totale ou partielle) sur la deuxième face de l'échantillon.



Soit un mince pinceau lumineux cylindrique polarisé tombant sous l'incidence θ sur une face de l'échantillon et soit Q un plan perpendiculaire à ce faisceau en un point intérieur. Nous supposerons que le plan d'incidence est confondu aves le plan P, ce qui peut toujours être réalisé.

La vibration, située à 45° du plan d'incidence, se décompose en deux vibrations rectangulaires orientées suivant les directions principales secondaires Ox et Oy. Les contraintes selon ces axes sont σ_x et q.

La biréfringence δ_1 observée dans ces conditions est

$$\delta_1 = k\varepsilon(q - \sigma_x) + \varphi(\theta).$$

k est la constante photoélastique de la substance en étude et ε la longueur géométrique du chemin parcouru par la lumière dans le milieu biréfringent. Quant à $\varphi(\theta)$ c'est une fonction de l'angle θ qui caractérise le déphasage résultant des phénomènes de réfraction ou de réflexion impliqués par le procédé ; si la réflexion est seulement partielle, ce terme est nul. Dans les cas où il n'est

pas nul, il ne dépend pas, en général, de la contrainte et l'on peut soit l'éliminer par une visée dans le même milieu en l'absence de contrainte, soit en tenir compte par le calcul. Nous ne le ferons donc pas figurer dans les équations ultérieures et écrirons simplement :

$$\delta_1 = k\varepsilon\,(q - \sigma_x).$$

σ_x n'est autre que l'effort tranchant dans le plan perpendiculaire au rayon, et c'est donc $p\cos^2\theta$. La biréfringence devient ainsi

(1) $$\delta_1 = k\varepsilon(q - p\cos^2\theta).$$

S'il s'agit d'une contrainte isotrope ($p = q$), la connaissance de cette biréfringence suffit à résoudre le problème, et l'on peut écrire

$$p = q = \frac{\delta_1}{k\varepsilon(1 - \cos^2\theta)},$$

équation qui résout le problème de la détermination directe des contraintes en une zone singulière.

Si la contrainte n'est pas isotrope, on fera une deuxième observation, plaçant le plan d'incidence parallèlement à l'autre plan principal, et l'on trouvera une différence de marche δ_2 donnée par l'équation :

(2) $$\delta_2 = k\varepsilon\,(p - q\cos^2\theta)$$

En comparant (1) et (2), on obtient

$$q = \frac{\delta_1 + \delta_2\cos^2\theta}{1 - \cos^4\theta}\cdot\frac{1}{k\varepsilon}, \qquad p = \frac{\delta_2 + \delta_1\cos^2\theta}{1 - \cos^4\theta}\cdot\frac{1}{k\varepsilon},$$

ce qui détermine séparément les deux contraintes principales.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la loi de variation du paramètre de forme de la couche limite turbulente en fonction du nombre de Mach.* Note (*) de MM. **Gérard Gontier** et **André Martinot-Lagarde**, présentée par M. Joseph Pérès.

Pour une couche limite turbulente le long d'une plaque plane, nous montrons que la loi de variation du paramètre de forme en fonction du nombre de Mach est sensiblement parabolique. Dans le cas d'un gradient de pression négatif même notable, l'expérience montre que la loi reste valable avec le même coefficient numérique.

Dans la couche limite turbulente le long d'une plaque plane, nous avions trouvé [1] que les profils de vitesse étaient très voisins d'un profil unique de la

---

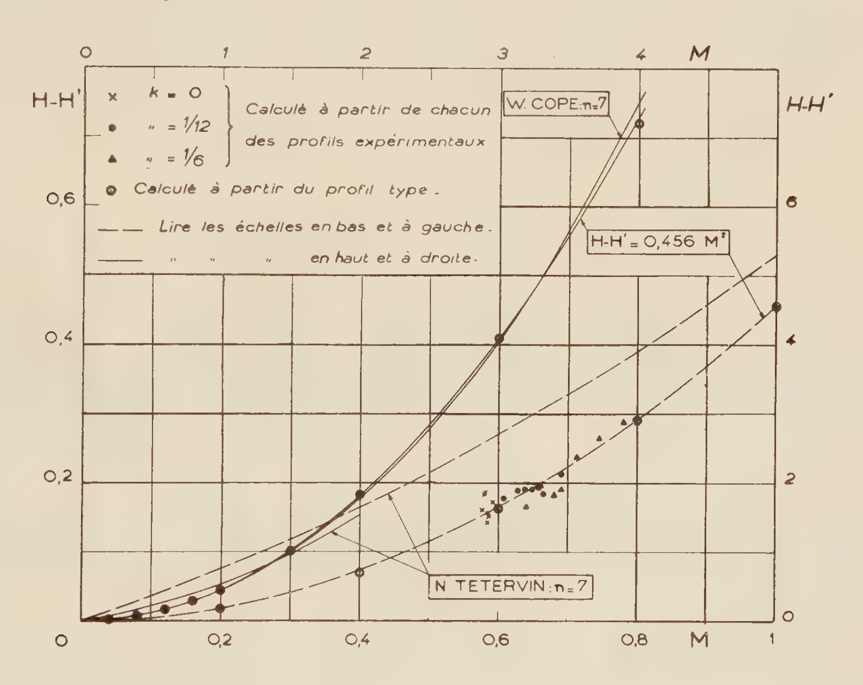
(*) Séance du 15 novembre 1954.

(1) G. Gontier et A. Martinot-Lagarde, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 966.

forme

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{y}{\Delta} < a, & \dfrac{v}{V} = A\left(\dfrac{y}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n}}; \\ a < \dfrac{y}{\Delta} < b, & 1 - \dfrac{v}{V} = K\left(b - \dfrac{y}{\Delta}\right)^2. \end{cases}$$

(Δ, arbitraire ; A, K, a, b, constantes dépendant de Δ ; V, vitesse à la frontière de la couche limite). Le gradient de pression était nul ou faible ; le nombre de Mach M à la frontière de la couche limite était compris entre 0,37 et 0,86 et le nombre de Reynolds entre 3.10^5 et 3.10^6.



En posant v proportionnel à $y^{1/n}$ pour le profil entier et en admettant que la température d'arrêt reste constante, N. Tetervin ([2]), puis W. F. Cope ([3]), ont calculé l'influence de la compressibilité sur le paramètre de forme H, rapport de l'épaisseur de déplacement δ_1 à l'épaisseur de quantité de mouvement δ_2. N. Tetervin donne une loi approchée $H = f(M)$ pour $0,16 < M < 2$; W. Cope donne l'intégrale exacte et effectue les calculs pour $M < 4$.

Soit H' le paramètre de forme qui correspond à un fluide incompressible. Nous avons d'abord montré que pour M petit, on a, quel que soit le profil de vitesse, $H - H'$ proportionnel à M^2.

Puis nous avons calculé H, de façon analogue à celle de Tetervin et Cope, mais en utilisant notre « profil type » (1). Soit λ le rapport entre V et la vitesse

---

([2]) *N. A. C. A., Wartime Report*, A. C. R. n° L6A22, 1946.

([3]) *Aeronautical Research Council*,, C. P. n° 89, 1952.

limite de l'écoulement irrotationnel. Nous avons obtenu :

$$\frac{\delta_1}{\Delta} = \frac{\delta'_1}{\Delta} + \sum_{i=1}^{i=\infty} \left\{ na\alpha^{2i-1} \left[\frac{1}{2i+n-1} - \frac{\alpha^2}{2i+n+1} \right] \right.$$

$$+ (b-a)\beta \left[\sum_{j=1}^{j=2i-1} (-1)^{j-1} \frac{(2i+1)\ldots(2i-j+2)-(2i-1)\ldots(2i-j)}{j!\,(2j+1)} \beta^{j-1} \right.$$

$$\left. \left. - \frac{2i+1}{4i+1}\beta^{2i-1} + \frac{1}{4i+3}\beta^{2i} \right] \right\} \lambda^{2i},$$

$$\frac{\delta_2}{\Delta} = \frac{\delta'_2}{\Delta} - \sum_{i=1}^{i=\infty} \left\{ na\alpha^{2i-1} \left[\frac{1}{2i+n-1} - \frac{\alpha}{2i+n} - \frac{\alpha^2}{2i+n+1} + \frac{\alpha^3}{2i+n+2} \right] \right.$$

$$+ (b-a)\beta^2 \left[\sum_{j=1}^{j=2i-1} (-1)^{j-1} \frac{(2i+1)\ldots(2i-j+2)-(2i-1)\ldots(2i-j)}{j!\,(2j+3)} \beta^{j-1} \right.$$

$$\left. \left. - \frac{2i+1}{4i+3}\beta^{2i-1} + \frac{1}{4i+5}\beta^{2i} \right] \right\} \lambda^{2i}.$$

($\alpha = Aa^{1/n}$; $\beta = 1 - \alpha$; δ'_1 et δ'_2 : épaisseurs de déplacement et de quantité de mouvement qui correspondent à un fluide incompressible). Si l'on fait le calcul numérique et si l'on élimine λ au profit de M, on trouve que la relation parabolique entre $H - H'$ et M reste valable jusqu'à $M = 4$ au moins :

$$H - H' = 0{,}456\ M^2, \qquad (2)$$

l'erreur sur H est inférieure à 0,001 pour $M = 1$; elle vaut 0,1 pour $M = 4$.

Pour M grand, les séries convergent trop lentement, nous avons intégré graphiquement.

Il se trouve que la différence $H - H'$ donnée par Cope pour $n = 7$ est bien représentée elle aussi par (2); $H - H'$ paraît donc assez peu sensible à la forme du profil.

Nous avons fait de nouvelles expériences à des gradients de pression plus importants : M variait linéairement en fonction de l'abscisse x sur la plaque; le nombre de Mach d'approche M_0 était égal à 0,6; le nombre de Reynolds variait de 400 000 à 2 000 000 : à la distance $x = 100$ mm du bord d'attaque, le gradient réduit de M le long de la plaque, $k = (x/M_0)(dM/dx)$, avait successivement les valeurs 0, 1/12 et 1/6. Même pour $k = 1/6$, l'expérience vérifie encore bien la relation (2).

ASTROPHYSIQUE. — *Structure d'une atmosphère stellaire non grise en équilibre radiatif.* Note de M. **Roger Cayrel**, transmise par M. André Danjon.

Il est montré que des approximations physiques légitimes permettent de réduire un cas non gris de grande importance pratique à deux problèmes gris successifs et un problème de structure intermédiaire facile à résoudre.

Les résultats obtenus dans la présente Note concernent le cas où le coefficient d'absorption de la matière stellaire est très grand dans certains intervalles de longueur d'onde par rapport à sa valeur dans les intervalles complémentaires. Ce cas se trouve pratiquement réalisé par la grande opacité dans les raies et dans le continu Lyman pour les étoiles O et B. On peut alors distinguer trois zones dans l'atmosphère, dans chacune desquelles le problème de l'équilibre radiatif se ramène au cas gris ou est soluble simplement. Les trois solutions obtenues se raccordent analytiquement et la solution complète en résulte.

En affectant de l'indice 1 les grandeurs relatives au domaine spectral transparent, de l'indice 2 celles relatives au domaine spectral opaque et en usant de notations classiques ([1]) on trouve pour expression de la fonction source :

$$(1)\qquad S=\frac{3}{4}\frac{F}{a_1}\left\{t_1+q(t_1)-\frac{1}{\sqrt{3}}\left(1-q(\infty).\lambda\right)e^{-\lambda(t_2+q(t_2)-q(\infty))}\right\}$$

avec

$$\lambda=\sqrt{\frac{3a_1}{\alpha a_2}}\qquad\text{et}\qquad t_2=\alpha t_1.$$

L'expression (1) est obtenue en supposant α et a_2/a_1 indépendants de la profondeur mais les conclusions suivantes restent valables en dehors de cette dernière restriction. Nous donnons les valeurs numériques correspondant au choix : $a_1=0{,}80$; $a_2=0{,}20$; $\alpha=100$.

Zone principale ou corps de l'atmosphère : $t_1\gg(1/\alpha\lambda)$ soit $t_1\gg 0{,}03$. — Le flux F_2 dans le domaine spectral opaque est négligeable, le problème se ramène à un problème gris d'équilibre radiatif dans le domaine spectral transparent et l'on a

$$(2)\qquad a_1 S=\frac{3}{4}F\left(t_1+q(t_1)\right).$$

Zone de transition : $1\ll t_1\ll 1/\alpha$ soit $1\ll t_1\ll 0{,}01$ ou $t_1\simeq 0{,}03$. — Dans cette zone, le flux F_2 croît progressivement d'une valeur très petite à une valeur limite Φ_2. Dans le cas où α et a_2/a_1 sont indépendants de la profondeur, on a

$$(3)\qquad S=\frac{\sqrt{3}F}{4a_1}-[1-\lambda q(\infty)]e^{-\lambda t_2}$$

et

$$(4)\qquad \Phi_2=\frac{F}{\sqrt{3}}\frac{a_2}{a_1}\lambda.$$

Dans le cas général, on obtient la solution en résolvant l'équation différentielle du second ordre :

$$(5)\qquad \frac{4}{3}\frac{d^2(a_2 S)}{dt_2^2}-4a_1 S\frac{k_1}{k_2}=0,$$

([1]) HOPF, *M. N.*, 96, 1936, p. 522 et CHANDRASEKHAR, *M. N.*, 96, 1935, p. 21.

avec les conditions aux limites :

$$S \to \frac{\sqrt{3}\,F}{4a_1} \quad \text{pour} \quad t_2 \to \infty \qquad \text{et} \qquad a_2 S(0) = q(\infty)\frac{d(a_2 S)}{dt_2}(0).$$

Le flux Φ_2 est donné par

$$\Phi_2 = \frac{4}{3}\frac{d(a_2 S)}{dt_2}(0).$$

Zone superficielle : $t_1 \ll 1/\alpha\lambda$ soit $t_1 \ll 0,03$; t_2 de l'ordre de l'unité ou plus petit. — Il y a équilibre radiatif dans chacun des domaine spectraux. Le modèle est déterminé par la condition qu'il y ait équilibre radiatif dans celui où la profondeur optique n'est pas négligeable et l'on a (cas gris dans le domaine 2) :

(6) $$a_2 S = \frac{3}{4}\Phi_2\big(t_2 + q(t_2)\big).$$

La solution (1) se réduit successivement à (2), (3) et (6) dans chacune des zones indiquées. Le rapport température de surface sur température effective est égal à (²) $\left[(\sqrt{3}/4)(1/\sqrt{a_1 a_2 \alpha})\right]^{1/4}$ soit 0,57 pour une étoile où 20 % du continu est affecté par une forte absorption, au lieu de 0,81 pour le cas gris.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la raie* 3 533 Å *de la Couronne solaire.* Note de M. **Guglielmo Righini**, transmise par M. André Danjon.

Dans une courte Note [1], Lyot et Dollfus annoncent que dans les spectres de la couronne pris à Khartoum (Soudan) pendant l'éclipse totale du 25 février 1952, ils ont remarqué quatre nouvelles raies de la couronne. Une de celles-ci a une longueur d'onde de 3 534 Å.

Une raie dont la longueur d'onde était très rapprochée de celle dont nous venons de parler, avait été remarquée par moi [2] sur les spectres de la couronne pris par G. Abetti à Sara (U. R. S. S.) pendant l'éclipse du 19 juin 1936.

Tenant compte du fait que les longueurs d'onde des raies dans la Note de Lyot et Dollfus sont données à l'approximation d'environ 1 Å, nous pouvons en conclure que la raie remarquée par moi et celle remarquée par les auteurs mentionnés coïncident.

Du reste il m'apparaît que la même raie a été observée par Lewis [3] à l'éclipse du 3 janvier 1908, mais après cette date je n'ai pas eu connaissance d'autres observations jusqu'à celle que j'ai faite moi-même en 1936.

(²) En accord avec le résultat de Hopf.

(¹) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 854.
(²) *Atti della Reale Acc. d'Italia*, XIV, 1943, p. 119.
(³) *Lick Obs. Bull.*, V, 1908-1910, p. 10.

Dans les spectres pris par l'expédition italienne à Khartoum en 1952, cette raie n'apparaît pas car elle est visible, probablement, seulement sous certains angles de position.

Mes résultats ont été publiés pendant la guerre (1943) dans un journal peu répandu; cela, je pense, explique pourquoi Lyot et Dollfus n'avaient pas eu connaissance de mon travail.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Théorie covariante relativiste de la solution de l'équation de Gordon*. Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Expression systématique et extension de nos précédents résultats ([1]).

$\psi_p(x)$, $\psi_q(x)$, ... ou $\zeta_p(k)$, $\zeta_q(k)$, ... désignant des solutions de l'équation de Gordon

(1) $$(\partial_\lambda^\lambda - k_0^2)\psi(x) = 0, \qquad (k_\lambda k^\lambda + k_0^2)\zeta(k) = 0,$$

$i\,\delta u_\lambda$ et $i\,\delta v_\lambda$ les éléments trilinéaires sur une hypersurface quelconque du genre espace $\mathcal{E}$, et sur l'hyperboloïde à deux nappes

(2) $$\mathcal{H}(k) \equiv k_\lambda k^\lambda + k_0^2 = 0,$$

nous posons ($k_0 > 0$, $\delta v > 0$)

(3) $$k_\lambda \delta v = -k_0 \delta v_\lambda, \qquad [\partial^\lambda] = \underset{\succ}{\partial^\lambda} - \underset{\prec}{\partial^\lambda}, \qquad \varepsilon(k) = \frac{-ik_4}{|-ik_4|},$$

ainsi que les définitions ($\bar\psi = \psi^+\beta$; $\bar\psi = \psi^\star$ si ψ est scalaire)

(4) $$\langle \psi_p | \psi_q \rangle = \langle \psi_q . \psi_p \rangle^\star = -\frac{i}{2k_0} \iiint_{\mathcal{E}} \bar\psi_p [\partial^\lambda] \psi_q \, \delta u_\lambda,$$

(5) $$\langle \zeta_p | \zeta_q \rangle = \langle \zeta_q | \zeta_p \rangle^\star = \iiint_{\mathcal{H}} \bar\zeta_p \zeta_q \, \varepsilon(k)\, \delta v,$$

la première indépendante de $\mathcal{E}$ en vertu de l'équation de continuité du courant de Gordon.

Nous avons montré ([1]) d'après Marcel Riesz ([2]) que l'on a les intégrales de Fourier covariantes réciproques

(6) $$\psi(x) = \langle e(-kx) | \zeta(k) \rangle_{\mathcal{H}}, \qquad \zeta(k) = \langle e(kx) | \psi(x) \rangle_{\mathcal{E}},$$

avec, $e(kx)$ étant solution de l'équation de Gordon sous ses deux formes,

(7) $$e(kx) = e^\star(-kx) = \begin{cases} (2\pi)^{-\frac{3}{2}} e^{ik^\lambda x_\lambda} & \text{si} \quad k_\lambda k^\lambda + k_0^2 = 0, \\ 0 & \text{si} \quad k_\lambda k^\lambda + k_0^2 \neq 0. \end{cases}$$

([1]) *Particules fondamentales et noyaux* (*Colloques internationaux du C. N. R. S.*) Paris, 1953, p. 207-216; *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1495; *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, (sous presse).

([2]) *Actes du 10e Congrès des mathématiciens Scandinaves*, Copenhague, 1946, p. 123-131.

L'égalité de Parseval associée est

(8) $$\langle \psi_p | \psi_q \rangle_{\mathcal{E}} = \langle \zeta_p | \zeta_q \rangle_{\mathcal{K}},$$

et, comme d'habitude, on en déduit les définitions de l'orthogonalité et de la norme des solutions ψ ou ζ de l'équation de Gordon. Les ondes planes monochromatiques forment un système orthogonal complet à la fois au nouveau sens et au sens classique

(9) $$\iiint \bar{\psi}_p a_4 \psi_q \, d\vec{x}^3 = 0;$$

il suffit, pour le voir, d'appliquer la conséquence des équations de la particule à spin

(10) $$(k'_\lambda - k_\lambda)\bar{\zeta}(k') a^\lambda \zeta(k) = 0$$

à deux $k'_\lambda = (\vec{k}, +k_4)$ et $k_\lambda = (\vec{k}, -k_4)$.

La norme, ou nombre d'occupation, d'un ψ scalaire superposition d'ondes planes à énergie d'un signe donné a le même signe que les énergies. Celle du ψ de Dirac est, comme on le sait, définie positive. Dans le cas général nous postulons essentiellement le caractère diagonal de la matrice β, afin que la norme, non définie positive, soit pourtant une somme algébrique d'expressions définies positives.

La fonction intégrale de distribution et la fonction caractéristique de l'impulsion-énergie dans une onde ψ sont respectivement

(11) $$n = \langle \zeta | \zeta \rangle_{\mathcal{K}}, \qquad \langle \psi(x) | \psi(x+y) \rangle_{\mathcal{E}}.$$

Introduisons la fonction singulière de Stueckelberg (3) et de Schwinger (4), solution de (1_1), imaginaire pure, impaire, nulle dans l'*ailleurs*,

(12) $$D(x-x') = \langle e(-k(x-x')) | 1 \rangle_{\mathcal{K}} = (2\pi)^{\frac{3}{2}} \langle e(-kx) | e(-kx') \rangle_{\mathcal{K}},$$

dont, x' étant fixe, la transformée de Fourier selon (6_1) est $e(-kx')$; on en conclut, d'après (8) et (12) (5),

(13) $$\langle D(x-x') | D(x-x'') \rangle_{\mathcal{E}} = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} D(x'-x''),$$

en sorte que deux fonctions de x, $D(x-x')$ et $D(x-x'')$, sont orthogonales dès que $x'-x'' \neq 0$ est du genre espace.

Substituant (6_2) dans (6_1), l'on résout le problème de Cauchy sous la forme (5) équivalente à celle de Schwinger (4).

(14) $$\psi(x) = \langle D(x-x') | \psi(x') \rangle_{\mathcal{E}'},$$

---

(3) *Arch. Sc. Phys. Nat.*, Genève, 56, 1939, n° 1.

(4) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1451 et 75, 1949, p. 678.

(5) Remarquons qu'en vertu de la définition (4) le produit scalaire hermitien de deux fonctions de x réelles est imaginaire pur.

qui est le développement du ψ sur un système orthogonal complet de fonctions $D(x-x')$, x étant la variable et x' l'indice de numération. Les « coefficients » $\psi(x')$ sont donnés par une formule similaire, avec une $\mathcal{E}$ passant par x; la fonction de distribution correspondante est le flux du courant de Gordon. Les ondes $D(x-x')$ sont complémentaires au sens de Bohr des ondes planes monochromatiques; elles correspondent à une localisation du corpuscule traversant $\mathcal{E}'$, et à une indétermination complète de son impulsion-énergie sur $\mathcal{H}$. Portant (14) dans (6_1) avec une $\mathcal{E}$ passant par x, il vient

$$\langle D(x-x') \mid \psi(x') \rangle_{\mathcal{E}} = \langle e(-kx) \mid \zeta(k) \rangle_{\mathcal{H}}. \tag{15}$$

Définissons la fonction de deux variables, imaginaire pure et impaire,

$$D(k, k') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \langle e(kx) \mid e(k'x) \rangle_{\mathcal{E}}; \tag{16}$$

substituant (6_1) dans (6_2), puis à nouveau dans (6_2), il vient

$$\zeta(k) = \langle D(k, k') \mid \zeta(k') \rangle_{\mathcal{H}}, \tag{17}$$

$$\langle D(k, k') \mid \zeta(k') \rangle_{\mathcal{H}} = \langle e(kx) \mid \psi(x) \rangle_{\mathcal{E}}. \tag{18}$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les λ-transformations de la théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger.* Note de Mme **Judith Winogradzki**, présentée par M. Louis de Broglie.

A partir d'un postulat suggéré par des considérations simples, on détermine l'extension du groupe relativiste.

M. Einstein a montré que les équations du champ sont pratiquement déterminées, si l'on inclut dans le groupe relativiste les λ-transformations [1]. Dans cette Note, on détermine l'extension du groupe relativiste à partir d'un postulat suggéré par des considérations simples. Le même postulat conduit aux équations du champ.

Conformément aux principes généraux de la théorie d'Einstein-Schrödinger, admettons que l'espace-temps est affine et métrique, la métrique étant donnée par un tenseur du second rang, et que les équations du champ dérivent d'un principe variationnel, les grandeurs à faire varier étant la connexion affine et le tenseur métrique [2]. Prenons pour hamiltonien une quelconque des densités de courbure $\mathfrak{g}^{ik} R_{ik}$, $\mathfrak{g}^{ik} R_{ki}$, $\mathfrak{g}^{ik} \tilde{R}_{ik}$, $\mathfrak{g}^{ik} \tilde{R}_{ki}$. Tandis que la variation effectuée sous la condition *a priori* $\Gamma^i_{km} = \Gamma^i_{mk}$, $g_{ik} = g_{ki}$ donne des équations bien déterminées,

---

(1) A. Einstein, *Extension du groupe relativiste*. Dans *Louis de Broglie, Physicien et Penseur;* Albin Michel, Paris, 1953.

(2) A. Einstein, *Generalization of Gravitation Theory*. Appendix II of *The Meaning of Relativity*, Princeton, 1953. Nous utilisons les notations de ce Mémoire; E. Schrödinger, *Proc. R. Irish Acad.*, 51, 1948, p. 205.

les équations du champ gravifique pur, les équations obtenues par variation libre dépendent du choix de l'hamiltonien. Cherchons à lever cette ambiguïté en nous basant sur l'idée einsteinienne d'une extension du groupe relativiste, mais sans imposer *a priori* la nature précise de cette extension. Admettons toutefois que les transformations qui la constituent (« transformations de jauge ») laissent le champ invariant et en sont indépendantes. Puisque dans la théorie classique du champ gravifique le tenseur métrique constitue le champ, il doit, en gravifique généralisée, sinon constituer le champ, du moins en faire partie. Les transformations de jauge forment donc un sous-groupe du groupe J tel que $J(g_{ik}) = g_{ik}$, $J(\Gamma^i_{km}) = \Gamma^i_{km} + \Lambda^i_{km}$, Λ^i_{km} étant indépendant du tenseur métrique. Λ^i_{km} est un tenseur. Nous admettrons que Λ^i_{km} ne dépend pas, de par sa structure, de la connexion affine, excluant ainsi des J-transformations et, par conséquent, des transformations de jauge, la transposition de la connexion affine.

Les divers systèmes d'équations du champ, obtenues par variation libre, satisfont déjà à un principe de Relativité plus sévère que le principe de Relativité générale. On évite une limitation arbitraire en substituant à la variation libre le mode de variation qui suit. Les variations seront effectuées sans conditions *a priori*, à moins qu'une variation liée de la connexion affine ou du tenseur métrique ne donne des équations du champ satisfaisant à un principe de Relativité plus sévère que les équations obtenues par variation libre. Dans ce cas, on imposera à la grandeur correspondante, connexion affine ou tenseur métrique, des conditions, du premier ordre au plus, fournissant des équations du champ invariantes par rapport au sous-groupe le plus vaste du groupe J.

Faisons varier la connexion affine sous une condition *a priori* $\mathfrak{F}^{\alpha\dots}_{\beta\dots} = 0$, le tenseur métrique sous une condition *a priori* $\mathfrak{f}^{\alpha\dots}_{\beta\dots} = 0$. Les variations liées contiennent les variations libres comme cas particuliers. Il est immédiat que l'équation

$$(1) \qquad A^{km}_{i\alpha\beta}\,\mathfrak{g}^{\alpha\beta} + \frac{\delta}{\delta\Gamma^i_{km}}\left[\sigma'^{\beta\dots}_{\alpha\dots}\,J(\mathfrak{F}^{\alpha\dots}_{\beta\dots}) - \sigma^{\beta\dots}_{\alpha\dots}\,\mathfrak{F}^{\alpha\dots}_{\beta\dots}\right] = 0$$

constitue une condition nécessaire et suffisante pour que les équations du champ, obtenues en faisant varier la connexion affine, soient invariantes par rapport à une J-transformation ; de même, l'équation

$$(2) \qquad A^{\beta\gamma}_{\alpha ik}\,\Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma} + B_{ik} + \frac{\delta}{\delta\mathfrak{g}^{ik}}\left[(\sigma'^{\beta\dots}_{\alpha\dots} - \sigma^{\beta\dots}_{\alpha\dots})\,\mathfrak{f}^{\alpha\dots}_{\beta\dots}\right] = 0,$$

pour celles obtenues en faisant varier le tenseur métrique. δ désigne la dérivation hamiltonienne. A^{ik}_{mpl} est une fonction de Λ^i_{km}, B_{ik} une fonction de Λ^i_{km} et de ses dérivées premières. L'expression de ces fonctions dépend de l'hamiltonien considéré. $\sigma^{\beta\dots}_{\alpha\dots}$ et $\sigma'^{\beta\dots}_{\alpha\dots}$ sont les multiplicateurs de Lagrange qui figurent, le premier dans les équations du champ sous leur forme initiale, le second dans les équations que l'on en déduit par la J-transformation. Comme Λ^i_{km} ne dépend

ni de la connexion affine, ni du tenseur métrique, une condition nécessaire pour que soient satisfaites tant l'équation (1) que l'équation (2) est $A^{ik}_{mpq} = 0$. Une condition nécessaire pour que cette dernière équation soit satisfaite, obtenue en contractant deux indices convenablement choisis, s'écrit $\Lambda^i_{km} = \delta^i_k \lambda_m$ si l'hamiltonien contient R_{ik} et $\Lambda^i_{km} = \lambda_k \delta^i_m$ si l'hamiltonien contient $\tilde{R}_{ik}$, λ_i étant un vecteur quelconque. Ainsi, quel que soit le mode de variation, les équations du champ obtenues en faisant varier la connexion affine et, de même, celles obtenues en faisant varier le tenseur métrique, ne peuvent être invariantes que par rapport à des J-transformations qui sont des λ-transformations ou des transformations qui s'en déduisent par transposition de la connexion affine (« $\tilde{\lambda}$-transformation »). Remarquons qu'il en résulte que ni la torsion, ni même le vecteur de torsion ne font partie du champ.

On sait qu'il existe un mode de variation qui donne des équations du champ invariantes par rapport à toutes les λ-transformations si l'hamiltonien est $\mathfrak{g}^{ik} R_{ik}$ (¹), et par conséquent par rapport à toutes les λ-transformations où toutes les $\tilde{\lambda}$-transformations dans les autres cas, les hamiltoniens se déduisant les uns des autres par des transpositions. Les λ-transformations ou $\tilde{\lambda}$-transformations constituent donc les transformations de jauge. Les équations (1) et (2) permettent de retrouver ce résultat. Compte tenu du postulat initial, elles conduisent de plus au mode de variation de M. Einstein. En se servant de l'invariance de jauge, on montre aisément que, quelle que soit la densité de courbure choisie pour hamiltonien, ce mode de variation donne les mêmes équations du champ, identiques aux équations auxquelles satisfait le tenseur métrique en vertu des équations du champ obtenues par variation libre.

Les démonstrations paraîtront ailleurs.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une propriété des intégrales d'un système d'équations différentielles de la thermodynamique des processus irréversibles.* Note (*) de MM. **Kyrille Popoff**, **Emmanuel Dimitroff** et **Kyrille Dotcheff**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans ses publications sur la thermodynamique des processus irréversibles (¹) M. Popoff introduit un système d'équations différentielles de la forme $d^2 x_i / dt^2 = X_i$, $(i = 1, 2, \dots n)$ avec $X_i = \partial F / \partial x_i$, où F est une forme quadratique définie positive, $F = 1/2 \sum_{i,k} g_{ik} x_i x_k$, $g_{ik} = g_{ki}$, et montre que les inté-

(*) Séance du 15 novembre 1954.

(¹) Kyrille Popoff, *J. Math. Phys. appl.* (Z. A. P. M.), 3, 1952, p. 42-51 et 440-448; 5, 1954, p. 67-83; Kyrille Popoff, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 648; 236, 1953, p. 785 et 1640; 237, 1953, p. 698; 238, 1954, p. 231; Kyrille Popoff, *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 261-268.

grales $x_i(t)$, s'annulant pour $t \to +\infty$ et prenant pour $t=0$ les valeurs initiales x_i^0, satisfont à une relation de la forme $dx_i/dt = L_{i1}X_1 + L_{i2}X_2 + \ldots + L_{in}X_n$.

Par une méthode générale d'itération ainsi que par une méthode algébrique il montre que dans le cas de $n=2$ on a $L_{12}=L_{21}$. Dans le cas de n quelconque, soient $x_1 = \alpha e^{rt}$, $x_2 = \beta e^{rt}$, ..., $x_n = \nu e^{rt}$ un système d'intégrales de première équation où r est une racine quelconque de l'équation séculaire

$$(1) \qquad \begin{vmatrix} g_{11} - r^2 & g_{12} & \ldots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} - r^2 & \ldots & g_{2n} \\ \ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ g_{n1} & g_{n2} & \ldots & g_{nn} - r^2 \end{vmatrix} = 0.$$

L'élimination des αe^{rt}, βe^{rt}, ..., νe^{rt}, par exemple, de $x'_1 = r\alpha e^{rt}$, $x'_2 = r\beta e^{rt}$ et des expressions de X_1, X_2, ..., X_n, formées avec les intégrales ci-dessus, conduit directement aux relations

$$x'_1 = L_{11}X_1 + L_{12}X_2 + \ldots L_{1n}X_n, \qquad x'_2 = L_{21}X_1 + L_{22}X_2 + \ldots + L_{2n}X_n,$$

où, grâce aux relations $g_{ik} = g_{ki}$, on a $L_{12} = L_{21}$. Ici les L_{ik} et les X_i dépendent du r choisi.

Remarquons, en passant, que F étant une forme quadratique positivement définie et $g_{ik} = g_{ki}$, les racines r^2 de (1) sont toutes positives et que par conséquent l'équation (1) a n racines r positives et n racines négatives. Les x_i devant s'annuler pour $t \to +\infty$ l'intégrale générale de la première équation doit être formée avec les racines négatives r_1, r_2, ..., r_n. Dans le cas où les racines sont simples on a

$$(2) \quad x_1 = C_1\alpha e^{r_1t} + C_2\alpha_2 e^{r_2t} + \ldots + C_n\alpha_n e^{r_nt}, \quad \ldots, \quad x_n = C_1\nu_1 e^{r_1t} + C_2\nu_2 e^{r_2t} + \ldots + C_n\nu_n e^{r_nt},$$

et les relations (2) correspondantes.

Il reste à montrer par une méthode algébrique que dans les relations phénoménologiques, *formées par les intégrales* (2), on a $L_{ik} = L_{ki}$. M. Chr. Karanikoloff a donné une telle démonstration dans les cas de $n=3$ et $n=4$.

La démonstration suivante, par le calcul matriciel, est due à MM. K. Dotcheff et E. Dimitroff. Dans le cas où les racines r_1, r_2, ..., r_n sont simples, soit

$$\mathcal{G} = \begin{Vmatrix} g_{11} & \ldots & g_{1n} \\ . & \ldots & . \\ g_{n1} & \ldots & g_{nn} \end{Vmatrix} \quad (\text{dét. } g \neq 0), \qquad \text{avec} \quad g_{ik} = g_{ki} \qquad \text{et} \qquad L = \begin{Vmatrix} L_{11} & L_{12} & \ldots & L_{1n} \\ . & . & \ldots & . \\ L_{n1} & L_{n2} & \ldots & L_{nn} \end{Vmatrix}.$$

Écrivons le premier système sous la forme

$$\frac{d^2x}{dt^2} = X, \qquad X = Gx, \qquad x = \begin{Vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ . \\ x_n \end{Vmatrix}, \qquad X = \begin{Vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ . \\ X_n \end{Vmatrix}.$$

Les secondes relations sont de la forme $dx/dt = LX$.

En différentiant on obtient, en posant

$$(2') \qquad E = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ . & . & . & \dots & . & . \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{Vmatrix},$$

$$EX = X = \frac{d^2x}{dt^2} = L\frac{dX}{dt} = LG\frac{dx}{dt} = LGLX,$$

et par conséquent $LGLX - EX = (LGL - E)X = 0$, et les X_i étant linéairement indépendants comme les x_i, on a $LGL - E = 0$,

$$L^2 = G^{-1}, \qquad M^2 = G \qquad \text{avec} \quad M = L^{-1}.$$

On sait que, dans le cas où les nombres caractéristiques d'une matrice A sont simples, chaque solution de l'équation $Y^2 = A$ peut être représentée comme polynome de A. Par conséquent la matrice M peut être représentée comme un polynome de $\mathcal{G}$ et, comme polynome d'une matrice symétrique, elle est elle-même symétrique. D'autre part L, comme inverse $L = M^{-1}$ de la matrice symétrique M, est elle aussi une matrice symétrique. Par conséquent la matrice

$$\begin{Vmatrix} L_{11} & L_{12} & \dots & L_{1n} \\ L_{21} & L_{22} & \dots & L_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ L_{n1} & L_{n2} & \dots & L_{nn} \end{Vmatrix}$$

est symétrique, C. Q. F. D.

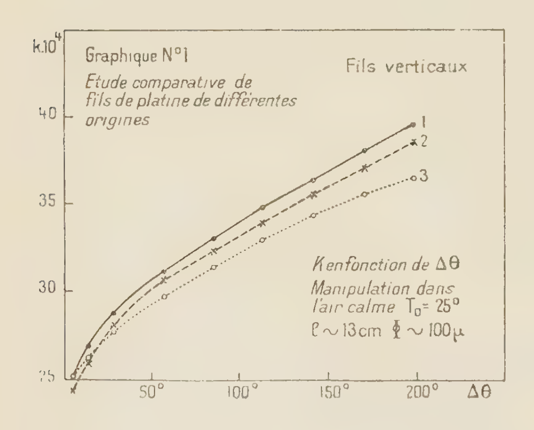
THERMOCINÉTIQUE. — *Sur la convection par les fils fins et la nature de l'interface métal-gaz.* Note de MM. **Israël Epelboin** et **André Vapaille**, présentée par M. Eugène Darmois.

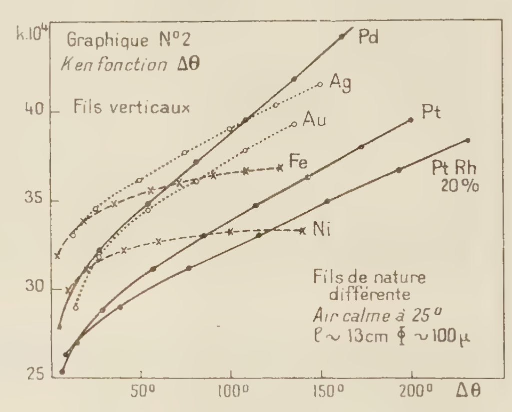
On montre que pour les faibles dissipations de chaleur, la nature du métal et du gaz environnant influence considérablement la convection naturelle par les fils fins. Ce phénomène laisse supposer l'établissement d'un fort gradient de température à l'interface métal-gaz.

Soit K le coefficient d'échange superficiel d'un fil de diamètre Φ et de longueur l, placé dans une enceinte remplie d'un gaz calme à la température T_0 et parcouru par un courant électrique I. Si T_1 est la température du fil et P la puissance dissipée par suite de l'échauffement $\Delta\theta = T_1 - T_0$, on a par définition $K = P/\pi\Phi l\Delta\theta$. Ce coefficient peut être calculé à partir de l'effet Joule; soient R_0 et R_1 les valeurs de la résistance du fil aux températures T_0 et T_1, $\alpha = (R_1 - R_0)/R_0\Delta\theta$ le coefficient de température, on a

$$K = \frac{R_1 I^2 \alpha R_0}{4.18\,\pi\Phi l(R_1 - R_0)}$$

Contrairement aux indications de la littérature, le coefficient K dépend beaucoup de la nature du métal (voir *fig.* 1 et 2). On peut remarquer des ressemblances entre les courbes relatives aux métaux de structure électronique voisine tels Ni et Fe, Ag et Au, Pt et Pd et, dans un groupe, le métal de nombre atomique inférieur à l'autre présente le coefficient d'échange le plus élevé. Cette influence de la nature du métal ne peut être attribuée au rayonnement, négligeable dans nos expériences ($< 0,014$ K pour $\Delta\theta < 250°$). Par contre, l'influence de la conduction (effet des bouts) n'est pas négligeable et, pour l'éliminer, nous utilisons des fils de différentes longueurs et déterminons le coefficient de convection naturelle K_n en extrapolant K pour $l \to \infty$. Cette méthode est justifiée puisque l'on trouve que K varie linéairement en fonction de $1/l$, ce qui est conforme à la théorie élémentaire de l'effet des bouts; cependant, la pente de la droite figurative est deux à quatre fois supérieure à celle de la fonction $K = K_n + \sqrt{\lambda\Phi K_n/(1+\alpha\Delta\theta)}/l$ (λ, conductibilité calorifique du métal) qui se détermine par la théorie.





Dans un certain domaine d'échauffement, on peut en général trouver quel que soit le sens de variation des courants une relation de la forme $K_n = K_0 \Delta\theta^n$. Avec des fils verticaux de faible diamètre ($20 \leq \Phi \leq 130\,\mu$) nous avons trouvé $K_0 = a\Phi^{-m}$ où a et m sont des caractéristiques de la convection naturelle qui dépendent de la nature du métal. Ainsi, dans l'air à $T_0 = 25°C$, pour Ag, Ni et Pt, $a.10^2$ prend respectivement pour valeurs 21,4, 10,8 et 6,2 tandis que $(-m)$ est égal à 1,00, 0,80 et 0,84. La valeur de K_0 dépend de la température T_0 de l'enceinte; ainsi, pour $0° \leq T_0 \leq 50°$, on trouve une relation linéaire entre K_0 et T_0 et la pente de la droite représentative prend les valeurs respectives de 0,052 pour l'argent, 0,053 pour le nickel et 0,078 pour le platine. Par contre, l'exposant n de la loi $K_n = K_0 \Delta\theta^n$ ne dépend ni de la température de l'enceinte T_0, ni des dimensions des fils (Φ et l), mais de la nature du métal. A titre d'exemple, nous avons groupé les valeurs de n obtenues dans l'air avec des fils de divers métaux; pour montrer que n dépend de la pureté du

métal et de son état de surface, nous avons indiqué par Ni* le fil de nickel corrodé dans une atmosphère de chlore et par Pt* une qualité de platine qui présente à l'examen spectroscopique un taux d'impuretés supérieur à celui de la qualité indiquée Pt.

	$n.10^3$.	$\Delta\theta$(°C).		$n.10^3$.	$\Delta\theta$(°C).
Ni	67	10 à 80	Au	122	15 à 120
Ni*	42	10 à 80	Pt	212	50 à 250
Fe	47	10 à 130	Pt*	177	50 à 250
W	83	15 à 110	Pt—Rh 20 %	214	70 à 270
Ag	87	15 à 100	Pd	270	60 à 220

L'ensemble de ces résultats peut s'expliquer en supposant qu'un fort gradient de température s'établit à l'interface gaz-fil métallique fin par suite de la convexité de ce dernier. En effet, en opérant dans des conditions expérimentales similaires, mais sur des rubans très larges, nous avons retrouvé $n = 0,25$ conformément à la théorie de L. Lorenz.

A cause de ce gradient de température à l'interface convexe gaz-métal, les coefficients de convection par les fils fins dépendent des propriétés physico-chimiques du gaz de l'enceinte. Ainsi, avec des fils de platine placés dans N_2, O_2 et CO_2 de pureté industrielle, on a respectivement trouvé pour $K_0 . 10^2 = 0,145$, 0,140 et 0,057 et $n = 0,184$, 0,198 et 0,326. Avec des fils de nickel dans les mêmes gaz, on trouve $K_0 . 10^2 = 0,451$, 0,461 et 0,305 et $n = 0,060$, 0,060 et 0,076.

Il est intéressant d'étudier la convection dans l'hydrogène. Il s'est avéré qu'avec le palladium qui en retient des quantités considérables, la définition classique du coefficient d'échange devient inutilisable, la résistance du fil en fonction du courant présentant un cycle d'hystérésis. Cependant, le calcul de l'exposant n est encore possible pour des métaux qui retiennent moins d'hydrogène car la caractéristique $K = K_0 \Delta\theta^n$ reste encore indépendante du sens de variation du courant. Pour le platine et l'argent, n garde encore une valeur positive, mais il est négatif pour le fer et change plusieurs fois de signe pour le nickel. L'état de surface du fil et le degré de pureté de l'hydrogène influencent considérablement les résultats.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la répartition du courant le long d'un radiateur cylindrique.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai repris l'étude qui a fait l'objet d'une Note antérieure [1] en corrigeant une erreur, les systèmes infinis représentés par les deux dernières équations n'étant pas convergents [2]. Afin d'obtenir des intégrales convergentes,

---

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 513.

(2) Je dois cette remarque à M. Maurice Roseau.

j'écris la condition suivante valable le long de la paroi :

$$(1)\qquad \int_0^z E_z(h)\,dh = 0$$

et je trouve la relation

$$(2)\qquad \frac{\omega}{c^2}\int_0^z E_z(h)\,dh = -ie^{i\omega t}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}{}' D_{2n-1}\int_{(C_1)}\frac{\sin[u-(2n-1)p]\frac{l}{2}}{u-(2n-1)p}\times\frac{1-e^{iuz}}{u}\alpha^2 J_0(a\alpha)H_0^{(2)}(a\alpha)\,du,$$

le contour (C_1) étant celui de ma Note [1], le courant le long de l'antenne étant mis sous la forme

$$(3)\qquad I(z,t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_{2n-1}\,e^{i[(\omega-i\beta)t+(2n-1)pz]}\,\frac{1}{\pi}\int_{(C)}\frac{e^{iu\frac{l}{2}}}{u}\sin\frac{ul}{2}\,du,$$

avec

$$(4)\qquad D_{2n-1} = D_{-(2n-1)}.$$

La quantité β est réelle, positive, et tend vers zéro. L'observation de cette dernière condition me permet de préciser la détermination de α et $H_0^{(2)}(a\alpha)$ dans (2).

Je trouve ainsi

$$(5)\qquad \sum_{n=-\infty}^{+\infty}(-1)^n D_{2n-1}\left\{\int_{(C_1)}\frac{e^{iu\frac{l}{2}}-e^{iu\left(z+\frac{l}{2}\right)}}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 J_0(a\alpha)H_0^{(2)}(a\alpha)\,du + \int_{(C_1)}\frac{e^{-iu\frac{l}{2}}-e^{iu\left(z-\frac{l}{2}\right)}}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 J_0(a\alpha)H_0^{(2)}(a\alpha)\,du\right\} = 0.$$

J'évalue les deux intégrales de (5) en appliquant la méthode des résidus; il vient

$$(6)\qquad \pi\sum_{n=1}^{\infty}\frac{D_{2n-1}}{(2n-1)p}\alpha_{2n-1}^2 I_0(a\alpha_{2n-1})H_0^{(2)}(-ia\alpha_{2n-1})\sin(2n-1)pz$$
$$= \sum_{r=-\infty}^{+\infty}(-1)^2 D_{2r-1}\left\{\int_0^k e^{-iu\frac{l}{2}}\frac{\sin uz}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 J_0^2(a\alpha)\,du - \int_0^{i\infty} e^{iu\frac{l}{2}}\frac{\sin uz}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 J_0^2(a\alpha)\,du\right\},$$

avec

$$\alpha_{2n-1} = \sqrt{(2n-1)^2p^2-k^2}.$$

Je multiplie les deux membres de cette équation par $e^{-i(2n-1)pz}$ et j'intègre de $-(l/2)$ à $+(l/2)$, l étant la longueur de l'antenne et $p=(\pi/l)$. J'adopte

les variables réduites :

(7) $$\zeta = \frac{2l}{\lambda}, \qquad \xi = \frac{2a}{\lambda},$$

λ étant la longueur d'onde, a le rayon du cylindre.

Il vient alors le système infini d'équations algébriques linéaires :

(8) $$(-1)^n \frac{\pi^2}{8} D_{2n-1} \frac{(2n-1)^2-\zeta^2}{2n-1} I_0\left(\pi\xi\sqrt{\left(\frac{2n-1}{\zeta}\right)^2-1}\right) \times H_0^{(2)}\left(-i\pi\xi\sqrt{\left(\frac{2n-1}{\zeta}\right)^2-1}\right) = \sum_{r=1}^{\infty}(-1)^r(2r-1)D_{2r-1}$$
$$\times \left\{ \int_0^{\zeta} \frac{e^{-\frac{\pi z}{2}}(\zeta^2-z^2)\,J_0^2\left(\frac{\xi}{\zeta}\sqrt{\zeta^2-z^2}\right)\cos\frac{\pi z}{2}}{[z^2-(2r-1)^2][z^2-(2n-1)^2]}\,dz - \frac{i}{2}\int_0^{+\infty} \frac{(1+e^{-\pi z})(\zeta^2+z^2)\,J_0^2\left(\frac{\xi}{\zeta}\sqrt{\zeta^2+z^2}\right)}{[z^2+(2r-1)^2][z^2+(2n-1)^2]}\,dz \right\}.$$

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Étude expérimentale d'un guide d'onde à hélice pour accélérateur linéaire à particules lourdes : vitesse de phase.* Note (*) de M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les théories relatives à l'emploi d'un guide d'onde circulaire à hélice pour l'accélération de particules lourdes ([1]), ([2]), ([3]) ne peuvent fournir les caractéristiques d'un tel accélérateur que moyennant des approximations dont il est difficile d'évaluer la précision, en particulier dans le cas où l'on veut faire intervenir les supports diélectriques de l'hélice ([4]). C'est pourquoi nous avons déterminé expérimentalement les caractéristiques d'une portion d'un tel guide.

Nous avons transformé cet élément de guide en cavité résonnante par l'adjonction de deux flasques réfléchissantes. Les paramètres géométriques de cette cavité sont (*fig.* 1) : L = 600 mm, $s = 6$ mm, $a = 12$ mm, $b = 26$ mm, $d = 3$ mm. La cavité C et le fil de l'hélice H sont argentés et polis; le fil est soudé sur les flasques terminales. C est excitée par une courte antenne A parallèle à l'axe, reliée à un générateur H. F. de fréquence réglable de 150 à 400 MHz. Une sonde S associée à un cristal détecteur D et un galvanomètre M, peut pénétrer dans la cavité grâce à de nombreux petits trous $T_1 \ldots T_n$. (L'expérience montre en effet que lorsque le blindage est voisin de l'hélice, on

(*) Séance du 15 novembre 1954.

([1]) W. Walkinshaw et K. Wyllie, *Math. Mémo.*, 57, W. W. T. R. E., 1948.

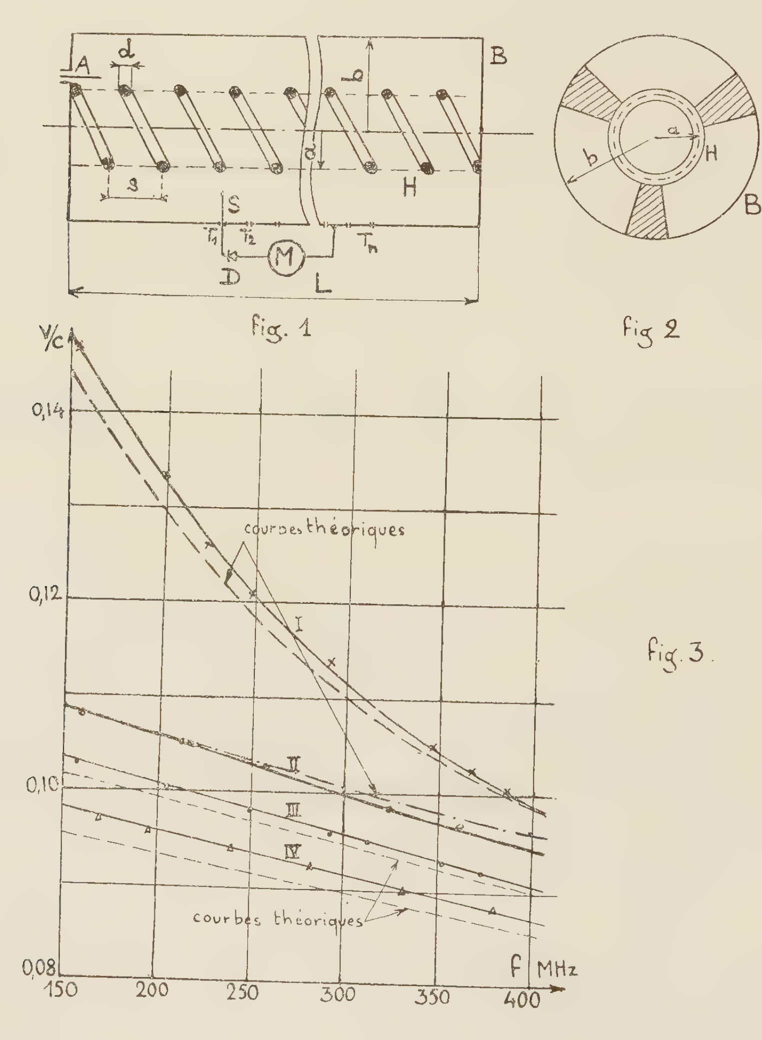
([2]) K. Johnsen et H. Dahl, *Chr. Michelsens Inst. Beretn.*, 14, 1951, n° 4.

([3]) K. Johnsen, *Chr. Michelsens Inst. Beretn.*, 16, 1954, n° 3.

([4]) K. Johnsen, *C. E. R. N.-P. S.*, K. J. 27, août 1954.

ne peut le fendre pour déplacer un chariot porte-sonde classique : une fente longitudinale contrarie les lignes de courant circulaires et conduit à des valeurs trop faibles de v/c.)

Le système résonne pour une suite discrète de fréquences; il faut pour chacune d'elles placer S exactement en un nœud de champ électrique radial avant toute mesure. Nous envisagerons tout d'abord les mesures relatives à la longueur d'onde dans le guide : λ_g, desquelles nous pouvons tirer facilement v/c.



La cavité est explorée suivant l'axe à l'aide d'une bille d'argent de 5 mm de diamètre, suspendue à un fil de nylon. La bille perturbe légèrement la répartition des champs et provoque une petite variation Δf de la fréquence de résonance f_0 (d'où une variation de l'intensité I lue sur le galvanomètre), sauf si elle se trouve en un nœud commun des champs électrique et magnétique. Ces nœuds sont séparés par une distance $\lambda_g/2$.

On accroît la précision de la mesure en opérant à une fréquence légèrement décalée de f_0 : I varie alors très rapidement avec f. Nous avons effectué les mesures dans les cas suivants :

1° Hélice nue, sans blindage;

2° Hélice avec blindage, mais sans supports;

3° Hélice maintenue en place par 3 supports radiaux de plexiglas (*fig.* 2), l'espace extérieur à l'hélice ayant un coefficient de remplissage α de 0,092;

4° Hélice munie de 3 supports, doubles des précédents ($\alpha = 0{,}184$).

Les résultats sont portés figure 3 (courbes I, II, III, IV respectivement). On voit que le blindage B, assez rapproché de l'hélice, diminue beaucoup la vitesse de phase, mais son effet décroît rapidement lorsque f augmente, car les champs se concentrent de plus en plus au voisinage de l'hélice. L'introduction de supports diélectriques ($\varepsilon \# 2{,}63$) ralentit encore l'onde d'environ 10 % pour $\alpha \# 0{,}2$; cet effet est proportionnel à α et décroît également lorsque f croît. Blindage et supports tendent à diminuer la variation de v/c, qui devient pratiquement linéaire. Nous n'avons pas effectué de mesures pour $\alpha > 0{,}2$, car la taille des supports suffit alors pour assurer une bonne rigidité mécanique.

Nous avons porté par comparaison les courbes théoriques donnant v/c en fonction de f, l'hélice étant assimilée à une couche mince infiniment conductrice dans la direction des fils. [Les valeurs sont calculées à partir des travaux de K. Johnsen]. Dans le domaine exploré, les valeurs expérimentales relatives à l'hélice nue (cas 1) sont toujours supérieures aux valeurs théoriques, l'écart étant de 2 à 3 % vers 200 MHz. Dans le cas 2, les courbes sont pratiquement confondues vers 200 MHz, puis une légère divergence se manifeste, atteignant 2 % vers 400 MHz. Dans les cas 3 et 4, les valeurs expérimentales sont plus fortes que les valeurs théoriques; la différence ne dépasse pas 3 % pour $\alpha = 0{,}184$, mais l'écart irait rapidement en croissant si l'on considérait des valeurs plus grandes de α. On voit donc que les résultats théoriques donnent une représentation très approchée de la réalité, bien que l'hélice réelle à structure discontinue diffère du modèle simple utilisé pour les calculs.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Étude du rayonnement émis par la décharge électrique par induction dans les gaz rares.* Note (*) de M. **François Cabannes**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La décharge électrique par induction dans les gaz rares donne avec le néon, l'argon, le krypton et le xénon, aux faibles pressions les spectres d'arc et d'étincelle; mais aux pressions supérieures à 2 mm de mercure, le spectre d'étincelle disparaît alors qu'il apparaît un fond continu peu intense avec le néon, mais très important avec le xénon. A cette même pression la puissance rayonnée passe par un minimum.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Rappelons que la décharge par induction, est obtenue en excitant un gaz à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant alternatif. Le champ électrique responsable de la décharge est uniquement le champ inducteur. La décharge est établie dans une ampoule cylindrique en quartz refroidie par une circulation d'eau.

Nous avons antérieurement mesuré la puissance dissipée dans la décharge induite afin de déterminer les caractéristiques de cette décharge : conductibilité électrique et degré d'ionisation du gaz [1]. Pour avoir des renseignements sur le mécanisme régissant la décharge, nous avons étudié le rayonnement émis dans le visible et l'ultraviolet. Une image de la face terminale du tube à décharge est projetée avec une lentille de quartz, soit sur la fente d'entrée d'un spectrographe, soit sur une pile thermoélectrique préalablement étalonnée.

Les gaz rares étudiés (Ne, A, Kr et Xe) nous ont donné des spectres semblables, constitués, lorsque la pression est inférieure à 1 mm de mercure, des raies d'arc et des raies de l'atome ionisé une fois. Avec le xénon, on observe les raies les plus intenses de l'atome ionisé deux fois.

Lorsqu'on diminue l'excitation, l'intensité des raies d'étincelle diminue par rapport à celle des raies d'arc, ce qui doit correspondre à une diminution de l'énergie moyenne des électrons. Par contre, l'énergie des électrons semble rester constante lorsque la pression varie de 0,03 à 0,6 mm de mercure, car la décharge fournit des spectres identiques sous différentes pressions. Ce résultat permet d'expliquer par la diffusion ambipolaire le fait que dans ce même domaine de pression la puissance totale dissipée dans la décharge est indépendante de la pression. Cependant il sera intéressant de pouvoir vérifier ce résultat par la méthode des sondes.

Lorsque la pression devient supérieure à 2 ou 3 mm de mercure les raies d'étincelle disparaissent et l'on observe un fond continu. Le rayonnement émis par la décharge induite dans les gaz rares sous une pression de quelques millimètres de mercure se rapproche de façon frappante du rayonnement émis par les lampes à éclairs à lumière blanche [2].

Le fond continu, qui est peu intense avec le néon, devient de plus en plus important quand on passe à l'argon, au krypton et au xénon. Avec le xénon nous avons observé un fond continu jusque vers 2 500 Å, c'est-à-dire dans tout le domaine de sensibilité spectrale des plaques panchromatiques. L'intensité du fond continu augmente très vite avec l'excitation.

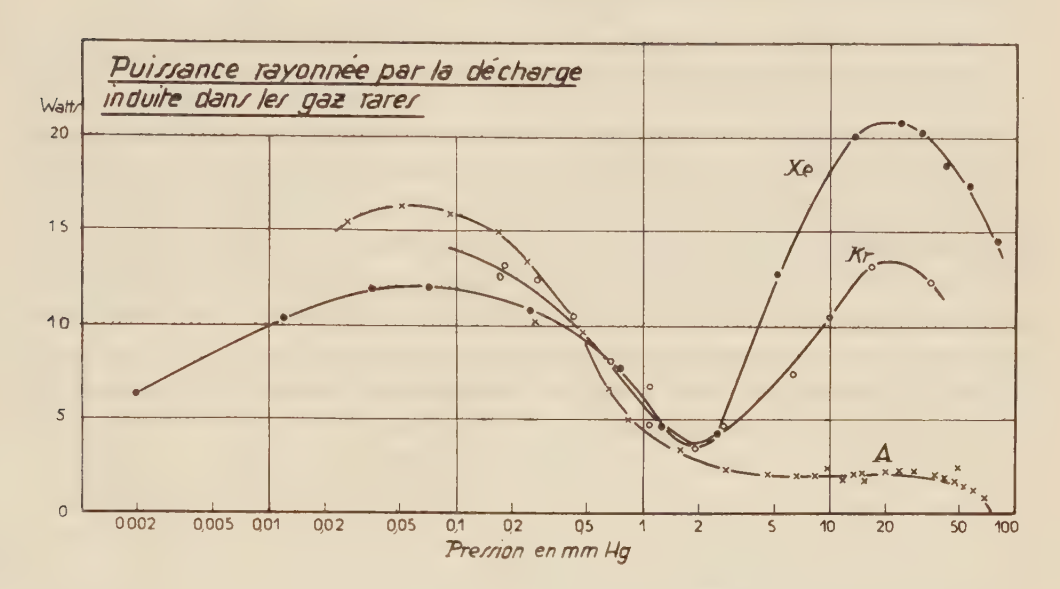
---

(1) F. Cabannes, *Compte rendus*, 238, 1954, p. 1979.

(2) M. Laporte, *Les lampes à éclairs lumière blanche*, Gauthier-Villars, 1949, Paris.

Mesure de la puissance rayonnée. — Nous avons mesuré la puissance W_r rayonnée dans les limites de transparence du quartz à l'exception de l'infrarouge qui est absorbé par l'eau de refroidissement du tube à décharge.

La variation de la puissance rayonnée avec la pression est remarquable.



Elle présente deux maxima, séparés par un minimum à la pression $P_0 = 2$ mm de mercure. Ceci permet de distinguer deux domaines séparés par la pression P_0 qui est justement celle au delà de laquelle disparaissent les raies d'étincelle et apparaît le fond continu.

Aux basses pressions (0,1 mm de mercure) la puissance W_r diminue quand on passe de l'argon au krypton et au xénon. Le deuxième maximum varie en sens inverse, il est très peu marqué avec l'argon et très important avec le xénon. On trouve, comme dans le cas des décharges condensées, que les maxima obtenus avec le xénon et le krypton sous 20 mm de mercure sont dans le rapport 3/2 ([2]). Mais le fait que ce rapport est égal à celui des numéros atomiques de ces deux gaz n'est qu'une coïncidence comme le montrent les résultats obtenus avec l'argon.

La puissance rayonnée croît très rapidement avec l'excitation. Dans le xénon sous 16 et 33 mm de mercure, elle varie sensiblement comme une fonction exponentielle de la puissance totale dissipée dans la décharge, tout au moins jusqu'à l'excitation maximum compatible avec la puissance que peut délivrer le générateur H. F. Le plus grand rendement lumineux de la décharge obtenu avec le xénon sous 33 mm de mercure est 0,05, pour une différence de potentiel haute fréquence aux bornes du solénoïde égale à 570 V et une puissance totale dissipée dans la décharge égale à 820W.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Triplets du rayonnement cosmique : section efficace de production.* Note (*) de Mme **Madeleine Avan** et M. **Louis Avan**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Détermination de la section efficace de production de triplets par les électrons issus de paires. Après élimination des pseudo-triplets, on obtient $\sigma_{exp} = (14 \pm 14) \cdot 10^{-24}\ \text{cm}^2$.

Nous avons sélectionné dans les émulsions provenant de l'envol de Cagliari (juillet 1953) les triplets émis suivant une branche de paire d'électrons. Après une étude au contraste de phase, nous avons éliminé 32 pseudo-triplets issus de la matérialisation d'un photon du rayonnement de freinage (Bremsstrahlung) au voisinage immédiat de la trajectoire incidente. Les 18 triplets retenus résultent d'une production directe de paires par un électron. Connaissant avec certitude la nature du primaire, nous pouvons déterminer le libre parcours moyen de création de triplets par les électrons relativistes. Les énergies sont calculées par mesures sagittales, à partir de la formule

$$\langle \overline{\theta^2} \rangle^{\frac{1}{2}} = \frac{25}{E}; \quad (^1)$$

$\langle \overline{\theta^2} \rangle^{1/2}$, angle moyen de déviation en degrés par 100 μ;
E, énergie en mégaélectrons-volts;
E_A, E_B désignent les énergies de la paire incidente;
E_1, E_2, $E_{A'}$, celles du triplet.

Nous avons calculé d'autre part (*fig.* 1) :



(*) Séance du 8 novembre 1954.

(1) Gottstein, Menon, Rochat, Mulvey et O'Ceallaigh, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 708.

1° Les angles ω_1 et ω_2 que forment les électrons e_1 et e_2 du triplet avec l'électron primaire.

2° La fraction d'énergie v communiquée à la paire (e_1, e_2), $v = (E_1 + E_2)/E_A$. Cette fraction varie de 5 à 80 % de l'énergie du primaire.

3° La divergence énergétique des deux secondaires en fonction de leur énergie totale, $\mu = (E_1 \text{ ou } E_2)/(E_1 + E_2)$.

4° L'énergie Q des électrons e_1, e_2 dans leur système au repos.

5° La longueur L = OI qui sépare le sommet O de la paire initiale de l'origine I du triplet. Le tableau résume l'ensemble de nos résultats.

		Mesures sur les paires.		Mesures sur les triplets.							
	L (mm).	E_A (MeV).	E_B (MeV).	$E_{A'}$.	E_1.	E_2.	ω_1 (10^4 radians).	ω_2 (10^4 radians).	Q (MeV).	V.	μ.
.....	7,2	400±60	200±30	250±50	6±2	100±25	300	111	2,4	0,26	0,056
.....	10,7	1600±350	20±4	1000±200	150±30	450±80	110	13	1,5	0,37	0,25
.....	9,1	1600±350	70±12	900±250	150±50	250±70	50	34	1,8	0,25	0,37
.....	6,4	800±200	200±50	500±100	15±3	150±25	800	100	3,5	0,20	0,09
.....	0,5	1400±450	400±65	800±400	50±25	140±70	94	317	2,2	0,13	0,26
.....	6,5	700±120	550±75	450±100	25±5	250±50	375	60	3,09	0,39	0,09
.....	19,8	4000±600	180±40	3200±700	35±7	450±80	185	16	2,78	0,12	0,07
.....	12,4	7000±1500	3000±700	6500±1500	100±15	200±25	86	56	2,3	0,43	0,33
.....	18,2	6500±1500	–	1000±400	800±300	4500±900	19	11	4,1	0,81	0,15
.....	6,6	4500±900	800±300	1200±400	1400±450	1500±500	11	11	3,3	0,64	0,48
.....	2,2	600±150	350±60	250±70	40±9	300±75	70	18	1,7	0,56	0,12
.....	13,2	1300±250	2000±700	1100±250	60±10	150±25	172	119	2,8	0,16	0,28
.....	2,2	200±50	300±60	80±20	60±10	70±15	344	90	1,87	0,65	0,46
.....	0,9	100±30	100±30	65±10	10±3	35±8	330	96	1,6	0,45	0,22
.....	7,2	350±80	200±30	250±50	15±4	65±10	1530	90	4,5	0,23	0,18
ecul).	8,6	900±200	50±13 / 20±5	850±200	15±4	30±10	1050	88	3,0	0,05	0,33
.....	7,6	1800±300	700±140	750±200	350±75	750±200	14	00	1,22	0,61	0,32
.....	0,9	150±30	80±20	70±20	25±5	50±15	950	175	3,2	0,50	0,33

Les triplets 8, 9 et 10 sont associés en cascade. L'électron primaire émet deux triplets respectivement à 12,4 et 30,6 mm de son origine O. Le secondaire e_2 du deuxième triplet crée à son tour un autre triplet après un parcours de 6,6 mm.

L'émission des 18 triplets a été observée sur une longueur totale : $\Sigma L = 142$ mm. Cette valeur correspond à un libre parcours moyen λ de formation de triplets par les électrons de 8 mm soit 0,27 longueur de radiation. En réalité nous devons envisager la présence possible, parmi les 18 triplets analysés, de pseudo-triplets, la conversion du photon de Bremsstrahlung s'effectuant à l'intérieur des limites de résolution spatiale (0,2 μ). Dans

l'intervalle d'énergie envisagé (0,1 — 10 BeV.) Block et King ([2]) estiment que 6 % des γ se matérialisent si près de la trajectoire incidente qu'il est impossible de distinguer les pseudo-triplets ainsi créés des tridents issus d'une production directe. Le taux des pseudo-triplets non résolubles croît rapidement avec l'énergie et atteint 70 % au voisinage de 100 BeV. Le libre parcours moyen ($2,1 \mp 0,7$ cm) obtenu par Freier et Naugle ([3]) dans ce domaine ne constitue donc qu'un ordre de grandeur.

Compte tenu de la correction de 6 %, la section efficace de création de triplets par les électrons est, dans la bande de 0,1 à 10 BeV qui nous concerne : $\sigma_{\text{exp}} = (14 \pm 4) \cdot 10^{-24}\,\text{cm}^2$. Notre section efficace expérimentale varie en première approximation comme $\text{Log}^3 E_A$, mais s'écarte nettement d'une part des estimations faites sur les triplets dont les primaires ne sont pas connus *a priori* ([2]), ([4]), et d'autre part de l'expression théorique de Bhabha ([5]) : $\sigma_{\text{exp}} \sim 10\,\sigma_{\text{th}}$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les spectres de conversion des éléments* ^{137}Ba *et* ^{131}Ba. Note (*) de MM. **Julien Verhaeghe** et **Jean Demuynck**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Parmi les radioisotopes qui, grâce au nombre relativement restreint d'électrons de conversion émis, sont généralement employés pour l'étalonnage des spectromètres, le ^{137}Cs occupe une place importante.

Nous avons récemment étudié ce corps dans un spectromètre pour rayons β, à double focalisation, dont le grand pouvoir de résolution, évalué à 500 dans des circonstances favorables, permet d'exécuter des mesures avec un degré de précision légèrement meilleur que celui des données spectrales mentionnées dans la littérature.

La courbe spectrale du ^{137}Cs nous a permis entre autre d'évaluer les rapports des coefficients de conversions du ^{137}Ba pour les différentes couches électroniques. Comme relativement peu de nombres ont été publiés nous croyons utile de faire connaître nos résultats. Ces derniers sont reproduits dans le tableau I ci-joint, qui mentionne également quelques nombres trouvés par d'autres auteurs. Dans ce tableau α_K signifie le coefficient de conversion pour des électrons de la couche K.

([2]) *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 171.

([3]) Naugle et Freier, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 1086.

([4]) Hooper, King et Morrish, *Phil. Mag.*, 7, 1951, p. 304; *Can. J. Phys.*, 29, 1951, p. 545; *Phil. Mag.*, 7, 1950, p. 1194; Goldsack et Kannangara, *Phil. Mag.*, 44, 1953, p. 811.

([5]) Bhabha, *Proc. Roy. Soc.*, A, 152, 1935, p. 559; *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 394.

(*) Séance du 8 novembre 1954.

TABLEAU I.

α_K.	$\frac{N_K}{N_L}$.	$\frac{N_K}{N_{L+M}}$.	$\frac{N_L}{N_{M+N}}$.	
0,12	4,8 ± 0,3	–	–	Mitchell et Peacock (¹)
0,081	5,0	–	–	Osaba (²)
0,097	–	4,7	–	Waggoner (³)
–	–	4,6 ± 0,2	–	Graves, Langer (⁴)
–	5,5	–	3,7	Bendel, Shore (⁵)
–	5,2 ± 0,2	4,1 ± 0,2	3,6 ± 02	Nos mesures

La valeur du coefficient de conversion se rapproche notablement de la valeur 0,094 calculée pour une radiation magnétique M_4 (⁶); c'est pourquoi la raie de 661 keV du ^{137}Ba a été cataloguée dans cette catégorie.

En se référant cependant au réseau des courbes théoriques qui donnent le rapport N_K/N_L en fonction de Z^2/E (⁷), la valeur expérimentale 5,2 se rapproche de la valeur théorique correspondante à la radiation E_5. Toutefois dans ce cas la valeur théorique du coefficient de conversion ne serait que 0,053 (⁸).

Il en résulte que la raie 661 keV du ^{137}Ba est probablement composée des deux radiations E_5 et M_4.

Nous avons mesuré également avec soin les énergies des électrons de conversion provenant du ^{134}Ba et qui se superposent au spectre β continu du ^{134}Cs. D'une part nous avons observé des électrons de conversion interne et d'autre part les électrons de conversion externe obtenus par la traversée, des rayons γ du ^{134}Ba, d'une couche très mince de plomb ($<$ 5 mg).

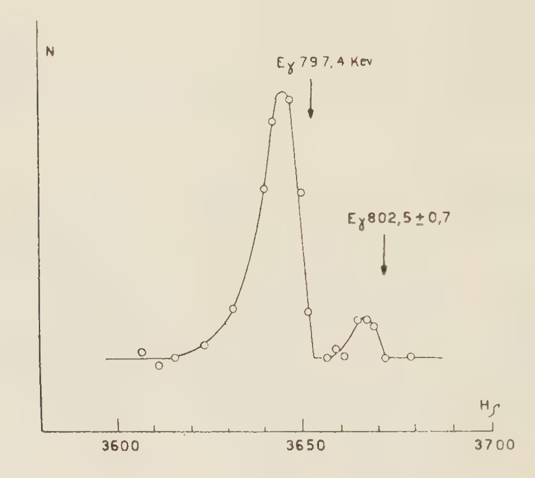
Nous avons enregistré 12 raies de conversion K et deux raies de conversion L. Nos résultats sont contenus dans le tableau II.

Nous observons que certaines valeurs sont en très bon accord avec les résultats de Cork (⁹) obtenus récemment par un autre moyen. La figure, se rapportant aux raies de conversion K de 796,6 et de 801,9 kV, permet de se faire une idée de la qualité du spectre fourni par l'appareil.

(¹) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 197.
(²) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 345.
(³) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 489; 82, 1951, p. 906.
(⁴) *Phys. Rev.*, 88, 1952, p. 169.
(⁵) *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 195.
(⁶) M. GOLDHABER, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 909.
(⁷) HEBB et NELSON, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 489.
(⁸) WAGGONER, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 906.
(⁹) CORK et al., *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 444.

TABLEAU II.

E_γ (keV) (conversion K interne).	E_γ (keV) (conversion K externe).	$\frac{N_K}{N_L}$.	Intensité relative.
$200,4 \pm 1,5$	–	–	0,04
$208,3 \pm 1,5$	–	–	0,04
$475,3 \pm 3$	–	–	0,04
$563,9 \pm 2$	$565,2 \pm 0,7$	–	0,15
$570,4 \pm 2$	$570,9 \pm 0,7$	–	0,2
$605,5 \pm 2$	$605,8 \pm 0,7$	$6,3 \pm 0,6$	1
$661,8 \pm 2$	–	–	0,02
$796,6 \pm 0,8$	$797,4 \pm 0,7$	$8,0 \pm 0,8$	1
$801,9 \pm 0,8$	$802,5 \pm 0,7$	–	0,15
$1034,5 \pm 3$	–	–	0,04
1168 ± 3	–	–	0,04
1370 ± 3	–	–	0,04



RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Étude du gradient du champ magnétique d'un solénoïde à l'aide de la résonance nucléaire*. Note de MM. **Louis Dick**, **Roger Foucher**, **Nils Perrin**, **Hamlet Vartapetian**, **Georges Béné**, **Pierre Denis** et **Richard Extermann**, présentée par M. Frédéric Joliot.

En vue de déterminer avec précision la topographie du champ magnétique d'un spectromètre β à champ axial uniforme, nous avons utilisé la méthode de résonance nucléaire, pour étudier la variation des gradients du champ magnétique sur l'axe du solénoïde destiné à la construction de ce spectromètre.

Le solénoïde et ses bobines correctrices ont été calculés pour obtenir un champ magnétique uniforme à la précision de 0,5 ‰ dans le volume qui contient les trajectoires des électrons (35 cm de long sur 18 cm de diamètre). Les méthodes classiques de mesure des champs magnétiques, galvanomètre balistique ou fluxmètre, ne permettent pas d'obtenir cette précision sans

prendre des précautions très difficilement réalisables. Les effets de relaxation dans les liquides en résonance nucléaire ([1]), par leur incidence sur la forme des signaux de résonance, sont un moyen particulièrement précis et sensible de mesure du gradient du champ magnétique de résonance. La comparaison des valeurs calculées et des valeurs mesurées de la variation du gradient du champ magnétique sur l'axe du solénoïde du spectromètre, les bobines de correction étant hors circuit, nous a permis d'étudier la précision et la sensibilité de cette méthode.

On sait en effet que la forme des signaux de résonance dépend des temps de relaxation de l'échantillon et de la symétrie du gradient du champ magnétique.

a. Si le gradient n'a pas de direction privilégiée, la largeur de raie en « passage lent » ou le décrément logarithmique des battements en « passage rapide » sont une mesure de l'effet combiné de la relaxation et de l'inhomogénéité moyenne du champ magnétique ([1]), ([2]). Dans ce cas, l'inhomogénéité est donnée par la relation $\Delta H_{tot} = 1/\gamma T_2$, T_2, décrément logarithmique; γ, rapport gyromagnétique des noyaux étudiés); et a été étudiée dans un système de bobines d'Helmholtz ([3]).

b. Si le gradient a une direction privilégiée, en « passage lent » comme en « passage rapide », le signal présente une déformation périodique dont la période est fonction du gradient sur cet axe ([4]), ([5]), ([6]), ([7]).

L'inhomogénéité est donnée par la relation $\Delta H = \pi/\gamma T_3$, où T_3 est la période de la déformation ([8]).

A partir du centre du solénoïde, en se déplaçant sur l'axe, on observe successivement :

1° Des signaux du type *a* (zone de grande homogénéité) (*fig.* 1).

2° Des signaux du type *b* (gradient de champ à direction privilégiée) (*fig.* 2 et 3).

Dans le cas 2°, les déformations périodiques des signaux nous ont permis de vérifier que le gradient sur l'axe d'un solénoïde au voisinage du centre croît linéairement et que la variation sur l'axe de ΔH à l'intérieur de l'échantillon correspond à la valeur calculée (*fig.* 4, courbe I).

La courbe II de la figure 4 nous donne le ΔH moyen dans l'échantillon

---

([1]) F. Bloch, *Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 460.

([2]) B. Jacobsohn et R. Wangsness, *Phys. Rev.* **73**, 1948, p. 942.

([3]) G. Béné, *H. P. A.*, **24**, 1951, p. 367 et 388,

([4]) R. Gabillard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 324 et 1551.

([5]) R. Bradford, C. Clay et E. Strick, *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 157.

([6]) G. Béné, P. Denis, R. Extermann et H. Bonhomme, *H. P. A.*, **26**, 1953, p. 435.

([7]) U. Dolega, *Experim. Tech. Physik*, **2**, 1953, p. 22.

([8]) R. Gabillard, *Revue Scientifique*, Paris, 1952, p. 307.

déduit des signaux du type *a*. Nous avons en outre vérifié que l'ordonnée minimum de cette courbe conduit pour T_2 à la valeur $1,65.10^{-3}$s en accord avec la valeur théorique $T_2 = 1,9.10^{-3}$s calculée pour cette solution (alun de chrome) par la formule valable dans le cas de signaux à déformation périodique ([8]).

D'après les courbes de la figure 4, la variation du gradient axial qu'on peut mesurer par des signaux du type *b* atteint 10^{-5} avec une valeur minimum dans

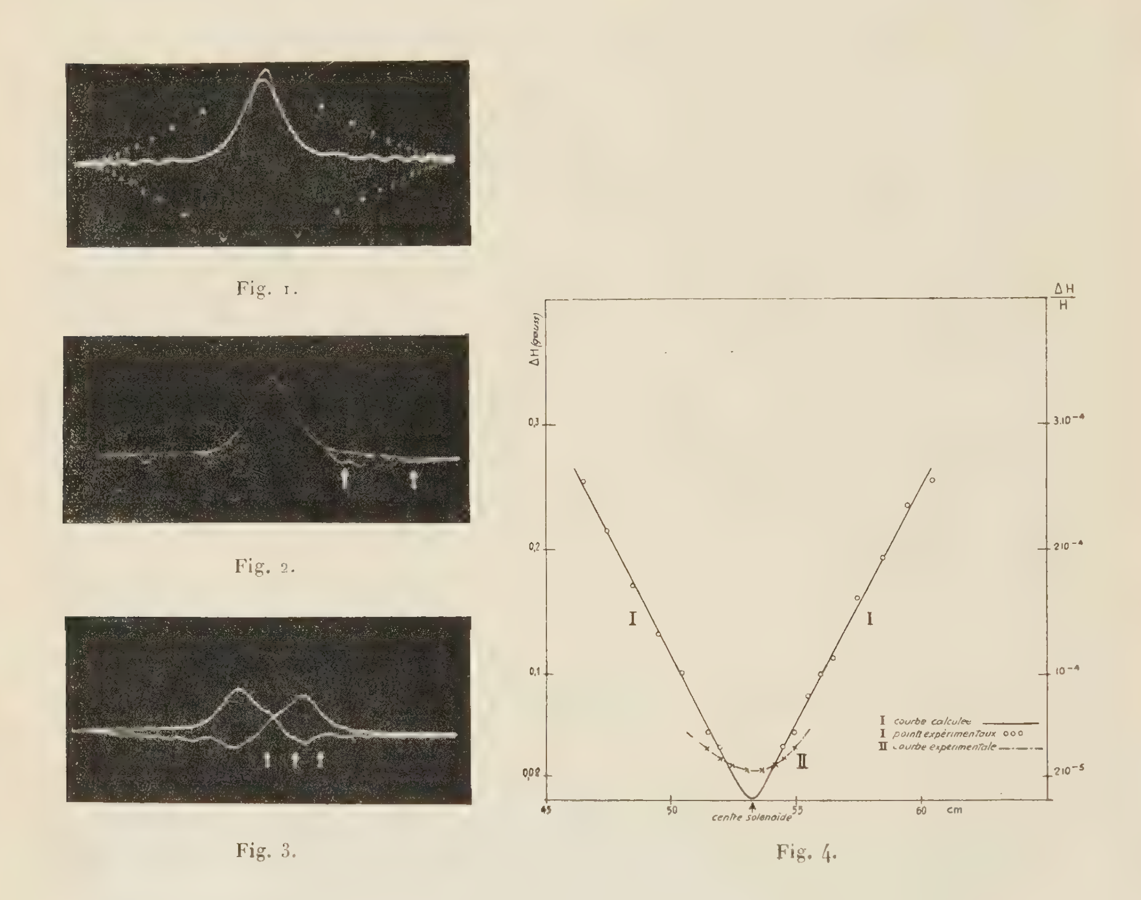


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

nos expériences de 4.10^{-5} et une valeur maximum de 10^{-3}. La variation du gradient moyen qu'on peut mesurer par les signaux du type *a* atteint 2.10^{-6}, la valeur minimum étant déterminée par la largeur naturelle de la raie.

Ces expériences ont donc montré par l'accord très satisfaisant obtenu entre les valeurs observées et les valeurs théoriques du gradient facilement calculable dans notre système que la méthode basée sur la forme des signaux de résonance nucléaire est un moyen particulièrement précis et sensible pour la mesure des inhomogénéités axiale et moyenne d'un champ magnétique quelconque.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *La thermodynamique des phénomènes irréversibles et la cinétique chimique.* Note (*) de M. **André Péneloux**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour la thermodynamique des phénomènes irréversibles, un système chimique est défini par n réactions chimiques stœchiométriquement indépendantes; la vitesse de chacune de ces réactions est considérée comme une fonction des « forces », quotients des affinités par la température supposée uniforme, ainsi que d'autres variables x, y . . .,

$$dv_i = L_{i1}\, d\left(\frac{A_1}{T}\right) + \ldots + L_{in}\, d\left(\frac{A_n}{T}\right) + \left(\frac{\partial v_i}{\partial x}\right) dx + \ldots \qquad (1 \leq i \leq n).$$

Les lettres L représentent les dérivées partielles des vitesses par rapport aux « forces ». A l'équilibre, $(A_1 = A_2 = \ldots = A_n = 0)$, il est évident que les dérivées partielles des vitesses par rapport aux variables autres que les « forces » sont toutes nulles de sorte qu'au voisinage de l'équilibre les vitesses de réaction pour un système donné peuvent être considérées comme des fonctions des seules « forces ».

Pour la cinétique chimique, le même système est défini par son mécanisme, c'est-à-dire par r réactions chimiques qui ne sont pas forcément stœchiométriquement indépendantes $(r = n + p,\ p \geq 0)$; la vitesse de chacune de ces réactions est de la forme :

$$V_i = V_i^+ - V_i^- = B_i(k_i^+ a_i^+ - k_i^- a_i^-) \qquad (1 \leq i \leq r).$$

B_i est l'extensité du domaine dans lequel se produit la réaction (i), k_i^+ et k_i^- sont les constantes de vitesse ramenées à l'unité d'extensité, a_i^+ et a_i^- représentent des produits de pressions ou d'activités. La constante d'équilibre et l'affinité de la réaction (i) sont respectivement :

$$K_i = \frac{k_i^+}{k_i^-}; \qquad A_i = RT \,\mathrm{Log}\, \frac{k_i^+ a_i^+}{k_i^- a_i^-} \qquad (1 \leq i \leq r).$$

La différentielle de V_i est

$$dV_i = B_i(dk_i^+ a_i^+ - dk_i^- a_i^-) + \frac{V_i}{B_i} dB_i \qquad (1 \leq i \leq r).$$

A l'équilibre

$$V_i = 0; \qquad V_i^+ = V_i^- = B_i k_i^+ a_i^+ = B_i k_i^- a_i^- \qquad (1 \leq i \leq r),$$

alors

$$dV_i = \frac{V_i^+}{R} d\left(\frac{A_i}{T}\right) \qquad (1 \leq i \leq r).$$

(*) Séance du 3 novembre 1954.

Nous voyons ainsi apparaître la possibilité de confronter les points de vue de la cinétique et de la thermodynamique, du moins au voisinage de l'équilibre. Nous allons donc supposer que la description thermodynamique du système tient compte de tous les constituants intermédiaires et qu'elle est constituée de réactions figurant toutes dans le mécanisme; les n premières réactions du mécanisme sont alors identiques aux n réactions de la description thermodynamique et les p autres réactions sont des combinaisons linéaires des n premières :

$$A_{n+k} = \alpha_{k1} A_1 + \ldots + \alpha_{kn} A_n \qquad (1 \leq k \leq p).$$

La puissance thermodynamique de de Donder ([1]) peut être exprimée de deux manières, suivant que l'on considère la description thermodynamique ou le mécanisme

$$A_1 v_1 + \ldots + A_n v_n \equiv A_1 V_1 + \ldots + A_n V_n + A_{n+1} V_{n+1} + \ldots + A_{n+p} V_{n+p}$$

et l'on peut ainsi exprimer les vitesses thermodynamiques en fonction des vitesses des réactions du mécanisme :

$$v_i = V_i + \alpha_{1i} V_{n+1} + \ldots\ldots + \alpha_{pi} V_{n+p} \qquad (1 \leq i \leq n).$$

La différentielle de v_i est donnée par

$$\mathrm{R}\, dv_i = V_i^+ \, d\left(\frac{A_i}{T}\right) + \alpha_{1i} V_{n+1}^+ \, d\left(\frac{A_{n+1}}{T}\right) + \ldots + \alpha_{pi} V_{n+p}^+ \, d\left(\frac{A_{n+p}}{T}\right)$$

et les dérivées partielles par

$$\mathrm{RL}_{ii} = V_i^+ + \alpha_{1i}^2 V_{n+1}^+ + \ldots\ldots + \alpha_{pi}^2 V_{n+p}^+,$$
$$\mathrm{RL}_{ij} = \alpha_{1i}\alpha_{1j} V_{n+1}^+ + \ldots\ldots\ldots + \alpha_{pi}\alpha_{pj} V_{n+p}^+ = \mathrm{RL}_{ji}.$$

Ce qui démontre les relations réciproques d'Onsager ([2]) dans le cas particulier considéré ici.

Comme une représentation thermodynamique quelconque peut se déduire de celle que nous avons considérée ici par des combinaisons linéaires des réactions chimiques, le résultat suivant : *les dérivées partielles des vitesses thermodynamiques par rapport aux « forces » sont, au voisinage de l'équilibre, des fonctions linéaires homogènes des vitesses absolues des réactions qui constituent le mécanisme* est absolument général. Remarquons que les coefficients α sont des nombres entiers ou fractionnaires simples.

En particulier, si, après élimination des constituants intermédiaires dont les concentrations sont supposées stationnaires, le système peut être décrit thermodynamiquement par une seule réaction chimique, au voisinage de l'équilibre, la vitesse de cette réaction est

$$v = \frac{1}{\mathrm{R}} (\lambda_1 V_1^+ + \lambda_2 V_2^+ + \ldots + \lambda_r V_r^+) \frac{A}{T}.$$

([1]) I. Prigogine et R. Defay, *Thermodynamique chimique*, I, 1944, p. 73.

([2]) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 405 ; 38, 1931, p. 2265.

Les V^+ sont les vitesses absolues des r réactions qui constituent le mécanisme et les coefficients λ sont des nombres entiers ou fractionnaires simples.

Ce résultat diffère de celui d'autres auteurs (3) qui ont abordé le même problème sans faire de distinction précise entre la description thermodynamique et le mécanisme d'un phénomène chimique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence des additions de chlorure de potassium sur la surtension du cuivre en solution de sulfate de cuivre.* Note (*) de M. **Minko Balkanski**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'addition de ClK dans des solutions de SO_4Cu M/10 dans lesquelles on étudie la surtension du cuivre provoque une diminution de l'énergie d'activation relative. L'augmentation de la concentration des ions K^+ a pour effet de diminuer le degré d'hydratation des ions Cu^{++} ce qui conduit à une diminution de l'énergie d'activation de la désolvatation.

L'influence des électrolytes « neutres » sur les phénomènes de surtension a préoccupé beaucoup d'électrochimistes et les opinions sont encore partagées. Nous avons repris cette étude par deux méthodes différentes et obtenu des résultats significatifs tels que la surtension limite et l'énergie d'activation.

Nous avons étudié la surtension du cuivre dans des solutions de SO_4Cu M/10 dans lesquelles étaient ajoutées des quantités variables de ClK. Le potentiel de la plaque de cuivre (cathode) plongée dans la solution était mesuré par rapport à une électrode à calomel saturé. Les courbes de surtension en fonction de la densité de courant sont données sur la figure 1.

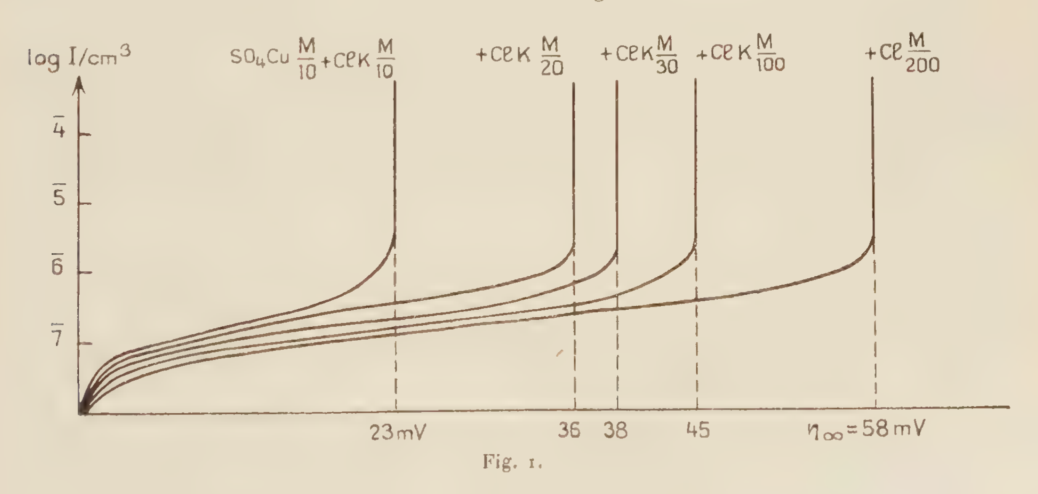


Fig. 1.

On constate que la surtension limite η_∞ varie linéairement avec la concentration de ClK ajouté.

(3) M. Manes, L. J. E. Hoffer et S. Weller, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1355.

(*) Séance du 8 novembre 1954.

Il nous a paru intéressant de voir quels sont les écarts entre les valeurs de l'énergie d'activation de la décharge du Cu^{++} obtenues pour différentes solutions additionnées de quantités variables de ClK. Dans ce but nous avons adopté un dispositif d'étude de la surtension comprenant une électrode à gouttes d'amalgame de cuivre. La cathode étant constituée par l'amalgame à 1 % de cuivre et l'anode par une spirale de cuivre électrolytique, le potentiel de la cathode par rapport à l'électrode saturée de calomel était mesuré avec le montage habituel d'opposition. Les courbes de surtension obtenues pour une solution de SO_4Cu M/10 et différentes concentrations en ClK sont données sur la figure 2.

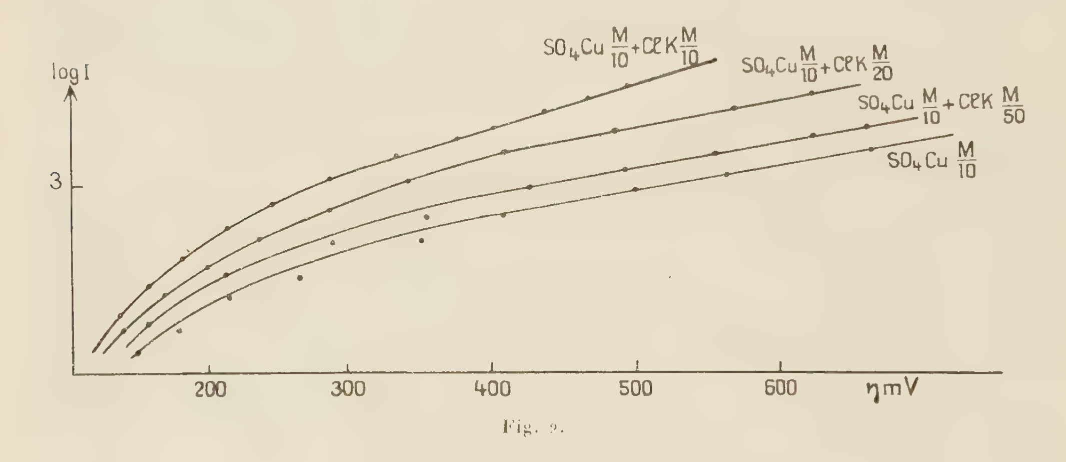


Fig. 2.

L'étude de chacun des cas représentés par ces courbes a été reprise à différentes températures entre 0 et 50° C. Les faisceaux de courbes construits pour chaque température nous donnent la possibilité de calculer l'énergie d'activation de la décharge des ions Cu^{++} à partir des différentes solutions.

Les valeurs de l'énergie d'activation relative obtenues sont données dans le tableau.

Électrolytes.	W.
SO_4Cu M/10	4 000 cal
SO_4Cu M/10 + ClK M/50	3 400 »
SO_4Cu M/10 + ClK M/20	2 300 »
SO_4Cu M/10 + ClK M/10	500 »

Les nombres obtenus n'ont évidemment pas de valeur absolue : l'énergie d'activation est calculée par rapport à l'électrode de référence qui dans notre cas est le calomel saturé.

Ces résultats montrent qu'il y a une dégradation très nette de l'énergie d'activation de la décharge. Si l'on admet que l'ion K^+ s'hydrate très fortement en solution aqueuse, son introduction dans la solution va provoquer une déshydratation partielle de l'ion Cu^{++}. Le volume du complexe solvaté de

l'ion Cu^{++} va diminuer et son extraction de ce complexe deviendra de plus en plus facile. L'énergie de désolvatation diminue à mesure que la quantité de Cl K introduit dans la solution augmente. Il y a en outre, une relation linéaire entre l'énergie d'activation de la décharge et la concentration de Cl K additionné ainsi qu'entre la surtension limite et le titre de Cl K.

D'après ces résultats expérimentaux on peut penser que le terme le plus important dans l'énergie d'activation de la décharge des ions Cu^{++} est l'énergie de désolvatation. La surtension serait donc directement proportionnelle à l'énergie de désolvatation des ions.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la surtension à courant constant dans le cas des systèmes d'oxydoréduction : calcul des coefficients de transfert d'énergie.* Note de M. **Georges Feuillade**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans deux Notes précédentes [1], [2], nous avons formulé une théorie de la surtension en régime non stationnaire. La présente Note exposera les modalités du calcul des coefficients de transfert d'énergie dans le cas d'un processus électronique, le seul que nous ayons eu l'occasion d'observer. Si le processus est de ce type, la surtension doit évoluer conformément à la formule

$$\Delta V = \frac{60}{\nu\alpha}\,\mathrm{Log}_{10}\left\{1 - \left(\frac{1,1285\,i}{C_{eq}\,F\sqrt{D}}\right)_{\text{réel}}\sqrt{t}\right\},$$

où C_{eq} est la concentration en équivalents, et le temps de transition T observé correspond à la relation

$$\left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i}\right)_{\text{réel}} = \frac{1,1285\sqrt{T}}{F}.$$

D'autre part, nous avons tracé un certain nombre de courbes standard :

$$\Delta_1 V = 60\,\mathrm{Log}_{10}\left\{1 - \left(\frac{1,1285\,i}{C_{eq}F\sqrt{D}}\right)_{st}\sqrt{t}\right\} \quad \text{où} \quad \left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i}\right)_{st} = \frac{6,72.10^{-9}}{i_{st}}$$

et $i_{st} = 15, 18, 21, 24\,\mu A/cm^2$.

Dans la majorité des cas, nous ne posséderons que des valeurs approchées du produit $(C_{eq}\sqrt{D})_{\text{réel}}$, en général différentes de la valeur $(C_{eq}\sqrt{D})_{st}$ utilisée pour la construction des courbes. Nous opérerons donc de la façon suivante. Soit i_1 une intensité réelle arbitraire qui, en particulier, pourra être égale à une certaine intensité standard i^*_{st}. A cette valeur i_1 correspond un temps de transition T_1 différant en général de T^*_{st}. Soit encore $i_2 = i_1/Z_1$ où

$$Z_1 = \left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i^*}\right)_{st}\left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i_1}\right)^{-1}_{\text{réel}} = \frac{6,72\;10^{-9}\,F}{1,1285\sqrt{T_1}\,i^*_{st}} = \frac{575}{i^*_{st}\sqrt{T_1}}$$

(les intensités étant alors exprimées en microampères par centimètre carré).

---

[1] G. Feuillade, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 268.
[2] G. Feuillade, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 535.

Cela entraîne $(C_{eq}\sqrt{D}/i^{*})_{st} = (C_{eq}\sqrt{D}/i_2)_{réel}$. Il en résulte donc qu'une nouvelle expérience effectuée avec le courant i_2 pourra être interprétée à l'aide de la courbe standard correspondant à i^{*}_{st}. L'évaluation de T_1 étant assez peu précise (de l'ordre de 30 s pour 15 mn), il peut arriver que $Z_2 = 575/i^{*}_{st}\sqrt{T_2} \neq 1$. On recommencera donc une autre expérience avec $i_3 = i_2/Z_2 = i_1/Z_1 Z_2$ et ainsi de suite. La formule générale pour la ($n+1^{\text{ième}}$) expérience serait $i_{n+1} = i_1/\Pi^{n}_{j=1} Zj$. Comme on le voit, cette méthode n'est convergente que dans les limites d'erreur sur T. En axes $(\Delta V - \Delta_1 V)$, les droites dont la pente donne $\nu\alpha$ se présentent en général infléchies dans leur dernière portion.
La droite idéale se trouverait comprise entre les parties rectilignes des courbes expérimentales correspondant à $z_n = 1 \pm \varepsilon$. A condition de faire un certain nombre d'expériences, on peut donc obtenir la vraie valeur de $\nu\alpha$ dans un intervalle d'erreur assez étroit : $< 5\ \%$ en valeur absolue.

A titre d'exemple, nous décrirons les résultats obtenus dans l'oxydation de l'hydroquinone et la réduction de l'azobenzène en milieu acide (SO_4H_2, N), l'azobenzène étant en solution alcoolique à 50 %. Dans des conditions analogues, les cœfficients de diffusion de l'hydroquinone ([3]) et de l'azobenzène ([4]) ont été trouvés égaux respectivement à $0{,}9.10^{-5}$ et $0{,}5.10^{-5}$ cm^2 s^{-1}. On a utilisé des concentrations C_{eq} telles que $C_{eq}\sqrt{D} = 6{,}72.10^{-9}$. Les expériences ont été effectuées à l'aide d'une petite cuve cylindrique dont le fond est constitué par une plaque de platine utilisée comme électrode de mesure. Cette disposition permet de réaliser un régime de diffusion plan. L'appareil est maintenu à $25^{\circ} \pm 0{,}1$. La mesure est effectuée à l'aide d'un montage d'opposition. En ce qui concerne l'azobenzène, une série de 15 expériences a permis de donner comme valeur de $\nu\alpha$: $0{,}93 < \nu\alpha < 1$. Pour l'hydroquinone, la valeur de $\nu\alpha$ résultant de 15 expériences successives s'est trouvée comprise entre 0,89 et 0,91. Ces résultats indiquent que, dans les deux cas, le mécanisme électronique est extrêmement probable. Il confirme les résultats de E. Lewartovicz ([5]) et K. Vetter ([3]) sur le système quinone-hydroquinone.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur quelques cas de polygonisation non provoquée d'alliages industriels.* Note (*) de M. **Pierre-A. Jacquet** et Mme **Adrienne-R. Weill**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Des exemples de polygonisation typiques ont été rencontrés dans deux alliages industriels à base de cuivre coulés, et dans un alliage léger, également industriel, forgé à chaud puis homogénéisé et vieilli. Les sous-grains révélés par la micrographie correspondent bien aux domaines qui donnent lieu au morcellement des taches des diagrammes de rayons X.

([3]) K. Vetter, *Z. Elektrochem.*, 56, 1952, p. 798.
([4]) P. J. Hillson et P. P. Birnbaum, *Trans. Far. Soc.*, 48, 1952, p. 478.
([5]) E. Lewartovicz, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1173.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Après avoir constaté la polygonisation de divers spécimens d'uranium, d'un fer fritté et d'un laiton α industriel [1], nous l'avons recherchée dans des alliages de fabrication courante où les micrographies suggèrent la subdivision des grains. Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi.

1. *Cupro-nickel* 70-30. — Plusieurs fragments de l'alliage n° 1 (sans silicium) prélevés en diverses régions de deux billettes de 65 kg chacune sont polis électrolytiquement et attaqués dans $Fe Cl_3$, 3,5 g; HCl, 25 cm^3; C_2H_5OH, 75 cm^3. Les gros grains présentent la sous-structure (*fig.* 1).

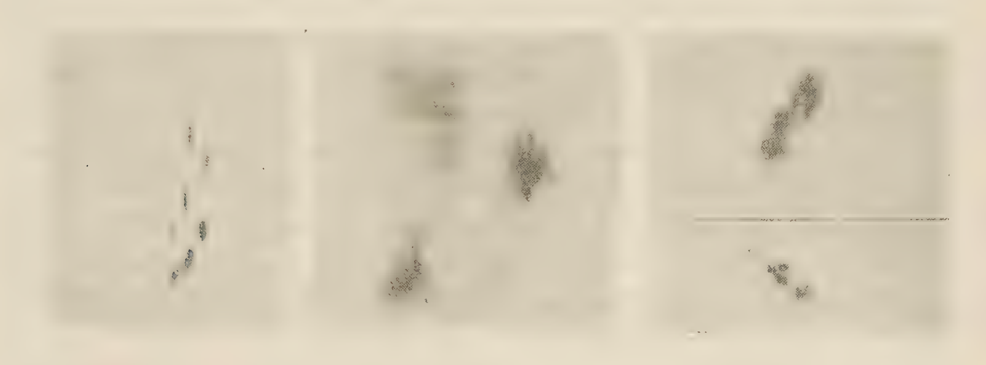


Fig. 1. (g = 400) Fig. 2. (g = 1300) Fig. 3. (g = 340)

Fig. 1. — Cupro-nickel n° 1. Vers le bas un joint intergranulaire.

Fig. 2. — Alliage RR 58. Constituant et réseau de sous-structure dans un grain.

Fig. 3. — Laiton β trempé à 800°. Micrographie en contraste de phase négatif. En bas un joint intergranulaire.

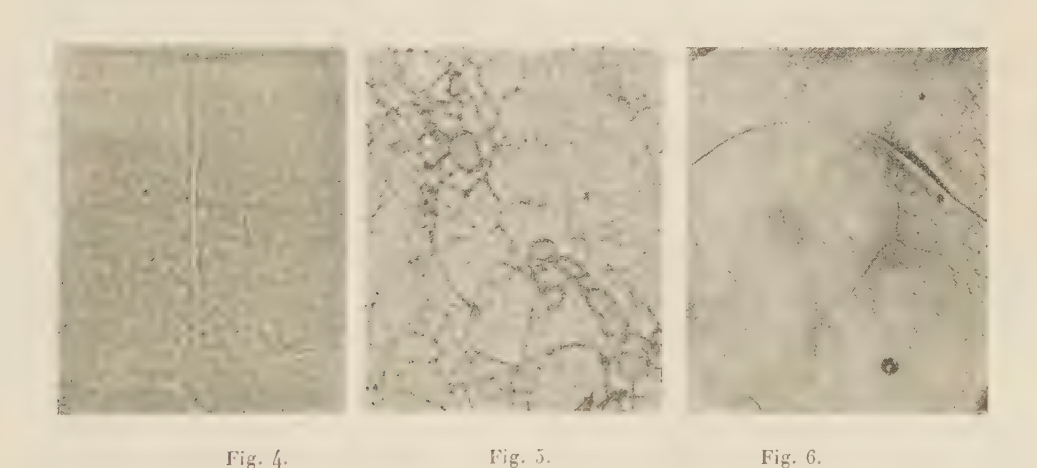


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

(Agrandissements de taches de réflexion en retour (radiation du cuivre) ramenées à la même dispersion, environ 10′ par mm.)

Fig. 4. — Cupro-nickel n° 1 (en haut) et n° 2 (en bas).

Fig. 5. — Alliage RR 58.

Fig. 6. — Laiton β trempé à 800°.

---

(1) M. C. Englander et P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 262; P.-A. Jacquet et A.-R. Weill, *Ibid.*, p. 1002; P.-A. Jacquet, *Rev. Métallurgie*, 51, 1954, p. 385; *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1332; 238, 1954, p. 2165; *Acta Metallurgica* (sous presse).

Les taches de diffraction en retour (diagrammes focalisés) montrent une subdivision en domaines faiblement désorientés (*fig.* 4, en haut). Avec un cupro-nickel n° 2, également en billettes, d'une autre provenance (contenant 0,21 % de silicium), examiné sous les mêmes conditions, apparaissent seulement les contours intergranulaires et les espaces interdendritiques riches en cuivre, sans indice de sous-structure. Certaines taches des diagrammes comportent cependant des fragmentations traduisant un stade peu avancé de polygonisation (*fig.* 4, en bas).

2. *Alliage RR* 58 (à base d'aluminium avec 2,28 % Cu; 1,20 % Ni; 1,52 Mg; 1,10 Fe; 0,15 % Si; 0,09 % Ti). — Le polissage électrolytique de plusieurs morceaux prélevés sur le bord d'attaque d'une aube de compresseur centrifuge matricée à chaud, recuite à 530°, trempée et revenue 20 h à 200°, révèle les constituants normaux et à l'intérieur de certains grains un réseau de fines ponctuations (*fig.* 2). Après attaque anodique apparaissent ailleurs des aiguilles d'extrême finesse, plus concentrées sur les lignes d'un réseau intragranulaire. Ces deux aspects correspondent à une taille différente de la phase précipitant pendant le revenu. Les fragmentations des taches de diffraction sont nombreuses et serrées (*fig.* 5).

3. *Laiton* β (62,59 % Cu; 33,42 % Zn; 3,99 % Al). — Après polissage électrolytique la plupart des très gros grains d'un petit lingot coulé, recuit 90 mn à 800° et trempé, préparé par A. R. Bailey, sont divisés en un petit nombre de domaines, et lorsqu'un de leurs contours rencontre un joint de grains il est presque toujours orienté à 90° par rapport à celui-ci (*fig.* 3). Les taches de Laue sont nettement subdivisées (*fig.* 6).

Si le même alliage est refroidi lentement à partir de 800°, les grains ne présentent aucun indice de sous-structure et les taches de Laue ne sont pas morcelées.

En conclusion les grains des trois alliages examinés sont polygonisés, mais les conditions d'apparition de cet état structural et ses caractéristiques (nature des sous-joints, taille et degré de désorientation des domaines) sont spécifiques de chacun d'entre eux.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Sur des dérivés di- et tribasiques des acides antimonio- et bismuthotartriques.* Note de M. **Maurice Girard**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'addition progressive de potasse à une solution aqueuse d'émétique ordinaire, ou antimoniotartrate acide de potassium, provoque successivement deux réactions différentes : tout d'abord, à partir de pH 8, démolition du complexe avec précipitation d'oxyde antimonieux, puis, au voisinage de pH 11, redissolution définitive de Sb_2O_3 précipité, quel que soit l'excès d'alcali

introduit. En même temps, le pouvoir rotatoire initialement droit de l'émétique ordinaire devient fortement lévogyre en milieu alcalin ([1]), et une valeur différente de la dispersion rotatoire s'installe, caractéristique d'un composé nouveau ([2]).

E. Darmois ([3]) considère ce complexe lévogyre comme un dérivé tribasique de l'acide antimoniotartrique : $TSbK_3$ (T = reste tartrique).

Entre l'émétique acide (TSbK) et le complexe alcalin tribasique ($TSbK_3$), J.-L. Delsal ([4]) admet, en outre, l'existence d'un composé neutre intermédiaire $TSbK_2$. Dérivés di- et trialcalins se retrouveraient, d'ailleurs, dans le cas d'autres complexes métallotartriques comme l'acide bismuthotartrique ([5]).

Mais l'existence de tels complexes n'a été pressentie jusqu'alors que sur des graphiques polarimétriques ou électrométriques, et aucun composé de ce type n'a jamais été isolé. Aussi cette question mérite-t-elle d'être reprise et, si possible, complétée par l'isolement des dérivés prévus antimonieux et bismuthiques, dont l'existence et la structure présenteraient, du point de vue des émétiques en général, une importance particulière.

Complexes dialcalins. — 1. *De l'acide tartroantimonieux*. — *a*. Essais d'isolement : deux procédés simples sont mis en œuvre dont le principe consiste à admettre :

qu'une molécule d'émétique en solution, traitée par une molécule de KOH, se transforme en dérivé dialcalin ($TSbK_2$), susceptible d'être insolubilisé par l'alcool sans dissociation ;

que le composé cherché résulte de l'union de l'oxyde antimonieux avec le tartrate neutre de potassium, grâce aux seuls oxhydriles alcooliques restés libres dans la molécule de TK_2.

De nombreuses expériences, effectuées selon l'une et l'autre méthode, n'ont pas permis d'isoler un composé défini.

b. Essais d'identification : basés sur l'étude des variations du pouvoir et de la dispersion rotatoires au cours de la neutralisation de solutions d'émétique, soit directement par des agents alcalins doux comme l'acétate de sodium et le carbonate monopotassique, soit par la potasse, mais en présence d'un excès de tartrate neutre destiné à éviter ou à retarder la précipitation de Sb_2O_3.

En conclusion, $TSbK_2$ a peu de chances d'exister.

2. *De l'acide bismuthotartrique*. — *a*. Essais d'isolement : soit en cherchant à cristalliser sous vide une solution renfermant 1 mol. $Bi(NO_3)_3$, 1 mol. TH_2

(1) Grossmann, *Z. phys. Chem.*, 57, 1906, p. 533.
(2) T. M. Lowry et P. Austin, *Phil. Trans. Roy. Soc. Londres*, 222 A, 1922, p. 249.
(3) *Bull. Soc. Chim. Belgique*, 36, 1927, p. 67.
(4) *Thèse Doc. Sciences*, Lille, 1938.
(5) A. Rosenheim et W. Vogelsang, *Z. Anorg. Chem.*, 48, 1906, p. 205.

et 5 mol. KOH, soit en précipitant par l'alcool méthylique une solution aqueuse concentrée de 1 mol. d'acide bismuthotartrique et 2 mol. de KOH. Les produits obtenus, dans les deux cas, représentent des mélanges et non des composés définis.

b. Essais d'identification : portent sur l'étude polarimétrique de solutions obtenues en neutralisant l'acide bismuthotartrique, soit par de la soude en présence d'acétate de sodium, soit par un agent alcalin doux. Ici encore, la dispersion rotatoire reste inchangée.

Complexes trialcalins. — 1. *De l'acide tartroantimonieux.* — *a.* L'étude du pouvoir et de la dispersion rotatoires de solutions variées résultant de l'action, soit de la potasse sur l'émétique, soit de $KSbO_2$ sur TK_2 et sur le tartramide, montre l'existence d'un complexe trialcalin.

b. Ce dernier peut d'ailleurs être séparé et analysé, après précipitation par l'alcool des solutions alcalines précédentes. Mais le produit obtenu est instable et facilement dissocié.

c. L'isolement d'un sel mixte de potassium et de baryum $TSbK_2Ba(1/2)$, moins soluble et moins dissocié que $TSbK_3$, permet d'affirmer, avec plus de certitude encore, l'existence de dérivés tribasiques.

d. La constitution probable de $TSbK_3$ est la suivante :

KOOC—CHO——CHO—COOK
SbOK

Elle est fondée, en particulier, sur la possibilité de formation de $TSbK_3$ à partir de TK_2 et de $KSbO_2$, et sur l'isolement de $TSbK_2Ba(1/2)$, à partir d'émétique de baryum et de potasse.

2. *De l'acide bismuthotartrique.* — L'existence de sels tribasiques de l'acide bismuthotartrique, $TBiK_3$ et $TBiK_2Ba(1/2)$, est confirmée par des résultats moins probants que dans le cas des dérivés tartroantimonieux. Cependant, des considérations polarimétriques et spectrographiques, jointes à la séparation de complexes, certes facilement dissociables mais de composition relativement voisine de la théorie, permettent de croire à cette existence.

En résumé : les résultats obtenus ne permettent pas de confirmer l'existence de dérivés dialcalins des acides antimonio- et bismuthotartriques. Par contre, ils montrent que ces mêmes acides complexes, en solution alcaline forte, sont capables de fixer trois atomes monovalents (en partie substituables par le baryum) pour donner naissance à des composés définis isolables.

RADIOCHIMIE. — *Séparation Actinium-Actinium* K (^{223}Fr) *par chromatographie sur papier*. Note (*) de Mlle **Marguerite Perey** et M. **Jean-Pierre Adloff**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La technique chromatographique déjà utilisée pour purifier le francium [1] permet d'obtenir directement et de façon continue du francium pur, sans entraîneur, à partir d'actinium séparé de ses dérivés.

La technique expérimentale a été décrite [1]. Les essais préliminaires ont été faits avec MTh II (^{228}Ac) et ^{137}Cs qui se séparent quantitativement comme le montre l'évolution de l'activité du chromatogramme (*fig.* 1).

Un produit actinifère a été purifié chimiquement par les méthodes ordinaires [2] (éliminations répétées de RAc, AcX et dépôt actif); l'absence de tout dérivé de l'actinium a été vérifiée en suivant l'accroissement de l'activité β qui, dans les limites de la précision sur l'instant de la dernière purification, se fait avec la période de AcK, en partant d'une activité initiale nulle. Une faible portion du produit purifié est déposée sur le papier chromatographique sous forme de chlorure neutre.

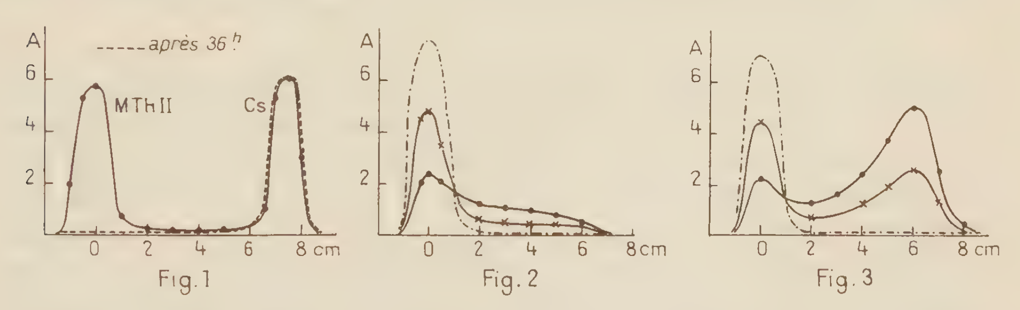


Fig. 1, 2 et 3. — ● première mesure après la fin de la chromatographie; × après 21 minutes; —·—·— après 2 heures. Les activités sont exprimées en coups/minute. Gr. = 1000.

Résultats expérimentaux. — 1° Ac *exempt de tout dérivé, y compris* AcK (*fig.* 2). — La chromatographie est mise en route dès la fin de la dernière purification : AcK est entraîné par l'éluant [$CO_3(NH_4)_2$ à 10 %] au fur et à mesure de sa formation, l'activité au point de dépôt (position 0) que l'on observe à la première mesure correspond à la formation de francium pendant les trois minutes qui séparent la fin de la chromatographie du début des mesures. Après 2 h l'activité est nulle, sauf au point de dépôt où l'actinium s'est mis en équilibre avec l'actinium K.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1163.

(2) M. Perey, *J. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 152.

2° Ac *en équilibre avec* AcK, *sans autre dérivé* (*fig.* 3). — Le produit actinifère est déposé sur le papier après 2 h d'accumulation pour la mise en équilibre du francium. A l'instant de la première mesure, le chromatogramme présente deux maxima d'activité dont l'un est situé comme précédemment au point zéro; l'autre, à la position 6 cm, correspond au francium qui était en équilibre avec l'actinium et qui a été élué. La zone entre les deux maxima correspond à l'entraînement du francium formé pendant la chromatographie.

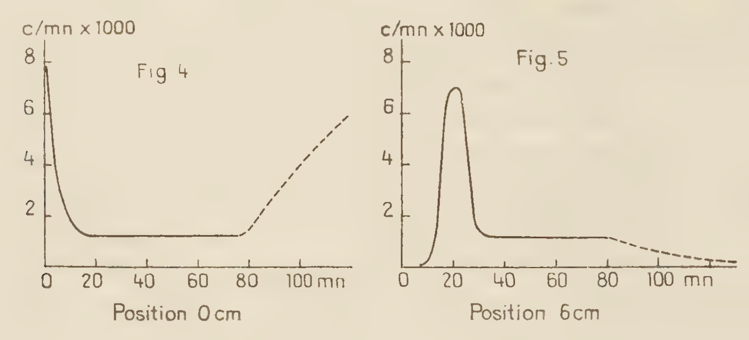


Fig. 4 et 5. — Évolution de l'activité, en fonction du temps, aux positions 0 et 6 cm pendant la chromatographie. La chromatographie a été arrêtée au bout de 80 minutes.

La cinétique de ces chromatographies a été étudiée en suivant l'évolution de l'activité le long du papier en cours d'expérience à l'aide de trois compteurs placés l'un en face du point de dépôt, le second à 6 cm de cette position et le troisième à 11 cm. La figure 4 indique la variation de l'activité en fonction du temps au point de dépôt. Le francium en équilibre avec l'actinium est rapidement élué et l'activité diminue jusqu'à une valeur constante (équilibre entre la formation et l'élution du francium) puis, après arrêt de la chromatographie, remonte jusqu'à la valeur initiale avec la période de l'actinium K.

A la position 6 cm (*fig.* 5) après un maximum (qui correspond à AcK accumulé dans Ac) on a encore un palier de même valeur que celle observée à la position zéro. Après arrêt de la chromatographie, l'activité décroît avec la période de l'actinium K.

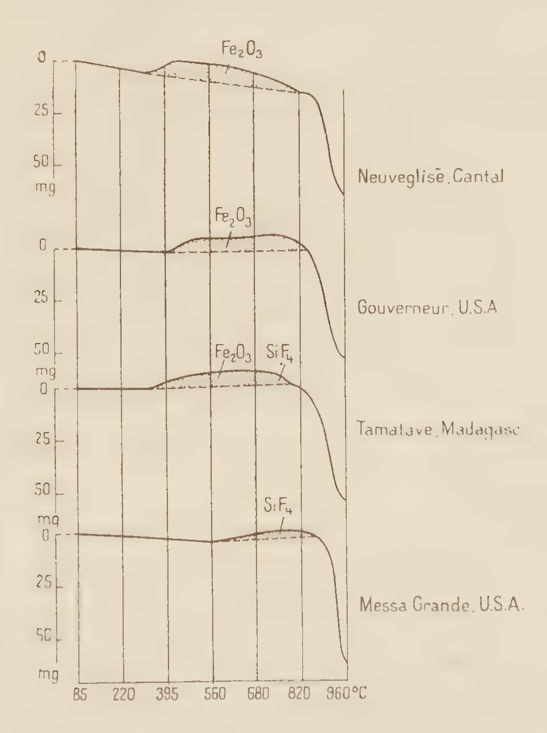
L'évolution à la position 11 cm présente la même allure, le maximum a décru et le palier garde toujours la même valeur. La constance du palier tout le long de la bande est une preuve de la pureté de l'actinium (s'il restait de l'AcX le palier serait plus élevé à la position 0); elle montre également qu'il y a une certaine rétention du francium (de l'ordre de 20 % de la quantité à l'équilibre) dépendant des conditions expérimentales ([3]).

([3]) L'étude cinétique de ces chromatographies sera publiée en détail par ailleurs.

Du point de vue pratique pour obtenir du francium pur sans entraîneur, il suffit de faire une chromatographie pendant 10 mn d'un produit actinifère en équilibre avec le francium. Le francium est extrait de la partie inférieure du papier par immersion dans l'eau. Une source continue de francium peut être obtenue en maintenant la chromatographie, sa valeur correspond à celle du palier (*fig.* 4 et 5).

MINÉRALOGIE. — *Analyse des tourmalines noires à l'aide de la microbalance de Chevenard.* Note (*) de M. **Constantin Kurylenko**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude de la déshydratation des tourmalines noires à l'aide de la microbalance de Chevenard accuse une *augmentation de poids* à partir de 410-430° C (*fig.* 1). Cet accroissement se termine vers 760-780° C. Puis la déshydratation reprend sa marche normale jusqu'à 960-970° C. Le produit obtenu est l'hématite (décelée aux rayons X) formée selon la réaction : $4Fe^{+2} + 3O_2 = 2Fe_2O_3 + q^{cal}$.



Chauffées jusqu'à 960° C, les tourmalines noires de Neuvéglise du Cantal pulvérisées (tamis 300) deviennent rouge ocre, tandis que celles du Gouverneur (U. S. A.) restent rouge grisâtre. La tourmaline noire de Tamatave de Madagascar forme une boule spongieuse (olive clair) et creuse, tandis que

(*) Séance du 15 novembre 1954.

la rubellite de Messa grande (U. S. A.) offre une masse compacte (bleu pâle) coupée de fissures assez profondes. Il semble qu'un produit volatil a provoqué la formation de la masse spongieuse.

Si l'on considère la composition chimique pour chaque système de points homologues du groupe de recouvrement $C_{3v}^{5} — R3m$, on constate l'existence de lacunes et de désordre dans la répartition des atomes (tableau I).

TABLEAU I.

Points homologues du groupe $C_{3v}^{5} — R3m$.			
3 (*a*).	9 (*b*).	18 (*c*).	Observations.
$3(M^{+1})$? $3(OH)^{-1}$	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $6\,Fe^{+2}$ $3\,M^{+2}$ 9 Désordre	$18\begin{pmatrix}Al^{+3}\\M^{+3}\end{pmatrix}$ $18(SiO_3)^{-2}$ Désordre	Neuvéglise (Cantal)
$1\,Na^{+1}$ $3(OH)^{-1}$ $1\,Fe^{+2}$ 2 Lacunes Désordre	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $9\,Mg^{+2}$	$16\,Al^{+3}$ $18(SiO_3)^{-2}$ $\frac{3}{2}M^{+4}$ $17\frac{1}{2}$ Lacunes Désordre	Gouverneur U. S. A.
$\frac{3}{2}Na^{+1}$ $\frac{3}{2}(OH)^{-1}$ $\frac{1}{2}K^{+1}$ $\frac{1}{2}F^{-2}$ 2 2 Lacunes, Désordre	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $1\,Ca^{+2}$ $3\,Fe^{+2}$ $5\,Mg^{+2}$ 9 Désordre	$15\,Al^{+3}$ $18(SiO_3)^{-2}$ $3\,Fe^{+3}$ 18 Désordre	Tamatave, Madagascar
$1\,Na^{+1}$ $\frac{5}{2}(OH)^{-1}$ $2\,Li^{+1}$ $\frac{1}{2}F^{-1}$ 3 3 Désordre	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $6\,Al^{+3}$ Lacunes	$18\,Al^{+3}$ $18(SiO_3)^{-2}$	Messa Grande, Calif. U. S. A.

Dans la Note précédente [1], j'avais signalé l'apparition de *silice amorphe* dès 660°C. On peut donc admettre que les tourmalines qui subissent une profonde transformation (oxydation de Fe^{+2}, déshydratation, apparition du fluor et de SiO_2 amorphe) sont le siège des réactions suivantes :

$$(1)\qquad 2F_2 + 2H_2O = O_2 + 4FH;$$

$$(2)\qquad SiO_2 + 4FH = Si.F_4\ (\text{gaz}) + 2H_2O\ (\text{vapeur}).$$

[1] *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 735.

Les produits volatils, en s'échappant, laisseraient la masse spongieuse qu'on observe. La formation de SiF_4 est possible dans le cas de la rubellite de Messa Grande, avec cette différence que la destruction lente du minéral s'amorce vers 630—650° et n'accuse pas de « crochet » vers 830—840°C (cas de la tourmaline de Tamatave).

Enfin, signalons les faits suivants :

1° Grâce aux spectres d'émission des rayons de Röntgen Si $K\alpha_1\alpha_2\alpha_3$, nous obtenons des informations sur la variation de l'état énergétique des électrons K du silicium engagé dans les différentes tourmalines (tableau II).

TABLEAU II.

Tourmalines.	$Si_{K_{\alpha_1\alpha_2}}$.	$Si_{K_{\alpha_3}}$.	Observations.
Lipovaïa, Oural.......	7 104,90 U. X.	7 061,70 U. X.	Rose
Ile d'Elbe............	7 105,95 »	7 061,00 »	Incolore
Madagascar...........	7 106,02 »	7 060,00 »	Rouge cerise
Varuträsk, Suède......	7 105,25 »	7 060,24 »	Verte

2° Le tableau I indique l'apparition des lacunes et du désordre dans l'édifice cristallin des tourmalines. Ce fait se traduit sur les diagrammes du cristal tournant par l'apparition d'un niveau flou, secondaire entre les niveaux 0 et 1. La période de ce niveau secondaire est de l'ordre de 14,2 Å, soit $2\vec{c}_0$ (observée quand on prolonge la pose de 6 à 8 h).

3° On conçoit (tableau I) que l'indice de réfraction des tourmalines, est non seulement fonction des constituants de base (Si, Al, B, OH), mais aussi des éléments secondaires (Li, K, Na, Ca, Mg, Fe, etc.) qui augmentent la réfractivité moléculaire. Il en résulte une variation de l'indice d'une tourmaline à une autre.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de terrains formant barrière à la propagation du métamorphisme et de la granitisation et sur le mécanisme du métamorphisme.* Note de M. **René Perrin**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1935, dans la conception sur le métamorphisme par diffusions dans le solide, j'ai émis l'idée que certains terrains, comme quartzites et calcaires, et leur alternance, pouvaient avoir opposé une barrière à la propagation du métamorphisme accompagné d'apports (1). A la suite d'observations, nous avons, M. Roubault et moi, repris et développé cette idée.

Depuis, nombre d'observations relatives au métamorphisme et à la

(1) R. Perrin, *Ann. des Mines*, octobre 1935.

granitisation ont prouvé la réalité du phénomène. Je citerai parmi les auteurs ayant constaté de tels faits : pour les quartzites : R. Lamotte et P. Routhier (Mont Nimba), A. Hietanen (Finlande), etc.; pour les calcaires : Canet (Anatolie), A. Rivière (Anti Elbrouz), et récemment : G. Destombes et E. Raguin (granitisation limitée à Lys-Caillaonas-Pyrénées entre deux bancs calcaires), E. Guittard (arrêt de la migmatisation au Canigou au contact de calcaires dolomitiques).

Enfin, H. H. Read [2] a proclamé récemment, comme fondamental, le rôle de barrière opposé à la propagation de la granitisation par les quartzites et calcaires. Cette notion a donc acquis droit de cité dans les esprits, parce qu'imposée par les faits. Il est possible d'en déduire des enseignements sur le mécanisme du métamorphisme et de la granitisation. Elle n'est guère compatible avec l'hypothèse, qui est cependant celle de Read, de transports de corps, tels que Na, K, etc. par circulation de solutions à travers des fissures capillaires. On ne voit pas pourquoi quartzites et calcaires seraient spécialement exempts de fissures, et empêcheraient seuls la propagation des solutions vers les terrains situés au-dessus d'eux. Les observations d'A. du Toit sur la calcitisation des dolomies du Transvaal, et d'autres faits prouvent la perméabilité des calcaires au transport d'ions. Une explication d'ordre purement mécanique paraît exclue.

L'effet spécial de barrière ne peut être dû qu'à la nature minéralogique de ces terrains qui se prêtent peu aisément, de par leur composition chimique, à certaines transformations profondes par échanges d'ions alcalins, spécialement potassiques. Si c'est un facteur chimique qui arrête la propagation, c'est que le moteur de celle-ci est chimique, celui que j'ai invoqué puis d'autres auteurs, comme Ramberg, avec moi : la tendance au rétablissement de l'équilibre physicochimique entre les roches profondes et les terrains détritiques : il n'y a pas de granites sous les océans.

Dans les diffusions dans le solide, un moteur est nécessaire pour vaincre les résistances passives aux circulations d'ions, à l'intérieur des cristaux ou le long de leurs joints. Ce moteur, la tendance à la diminution de l'énergie libre totale, c'est-à-dire pratiquement l'exothermie des échanges est, si j'ose m'exprimer ainsi, placé à l'avant du front de propagation. Si celui-ci atteint un terrain de nature telle qu'il n'y ait plus d'exothermie possible, les diffusions stoppent, la propagation s'arrête, à moins que la barrière ne cède en un point du fait des déformations corrélatives au métamorphisme; si quartzites et calcaires sont impurs, la barrière n'est que relative, spécialement pour l'ion Na dans le cas des calcaires.

Puisque les vitesses de diffusion deviennent nulles, quand le moteur

---

(2) *Alex. du Toit Memorial Lecture*, n° 2; *The Geol. Soc. of South Africa*, Annexe to vol. LIV, 1952.

chimique cesse, il paraît légitime, en réciproque, de penser que ces vitesses ne sont pas uniformes et sont fonction de l'énergie du moteur, comme le prouvent d'ailleurs certains faits expérimentaux ([3]), ceci à température égale.

Une faible exothermie des échanges doit se traduire par des vitesses de diffusion très petites : est-ce là l'explication de l'étendue souvent limitée des échanges entre strates jointives et de l'exomorphisme faible des roches plutoniques basiques ?

Un regard d'ensemble sur la lithosphère semble prouver que le moteur le plus puissant est l'alcalinisation et surtout la feldspathisation. A l'énergie du moteur s'opposent à température égale, d'une part la résistance par les bâtis aux changements de volume, et d'autre part les résistances passives à la circulation des ions; celles-ci peuvent être plus fortes pour le K que pour le Na du fait de son rayon ionique plus grand, comme l'a envisagé P. Lapadu Hargues, d'où une possibilité de pénétration plus avant du Na, mais à exothermie égale seulement.

Cette existence de terrains formant barrière me paraît ainsi confirmer : 1° que métamorphisme et granitisation résultent de diffsuions dans un milieu stationnaire et non à des transports fluides, ce qui me semblait déjà résulter d'autres considérations antérieurement exposées, telles que l'absence de relation entre les mouvements des différents corps et les solubilités ou volatilités (*cf.* les mouvements de Fe), et l'absence presque générale de grands fronts basiques ([4]); 2° que le moteur est chimique; 3° que les données actuelles ne permettent pas d'avoir une idée quelconque des vitesses de diffusions, en l'ignorance où nous sommes et de l'énergie du moteur et des résistances passives.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence des silicates d'alumine (sillimanite, andalousite, disthène) dans le massif des Aiguilles Rouges (Haute-Savoie).* Note (*) de M. **Jacques Bellière**, transmise par M. Paul Fourmarier.

Le massif des Aiguilles Rouges est constitué, dans sa majeure partie, de gneiss et de micaschistes appartenant au socle de la chaîne des Alpes. Ces roches sont formées de façon générale de quartz, plagioclase, feldspath potassique, biotite et muscovite, auxquels s'ajoute souvent du grenat.

La présente Note a pour objet de signaler la présence dans ces schistes

---

([3]) R. Perrin, *Congrès Géol. Intern. d'Alger*, 6, 1953, p. 43-57.

([4]) R. Perrin, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1717.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

cristallins de trois minéraux dont la composition chimique est identique ($Al_2 Si O_5$), mais qui diffèrent par leur réseau cristallin : la sillimanite, l'andalousite et le disthène.

Toutefois, à une exception près, ces minéraux ne constituent jamais une fraction importante du volume de la roche, mais s'y présentent au contraire de façon toujours plus ou moins sporadique. De plus ils sont en général de très petite taille, au point qu'on ne peut déceler leur présence que sous le microscope, à l'occasion de l'examen de plaques minces. Ils ont donc été déterminés uniquement par leurs caractères optiques. Néanmoins, comme on va le voir, l'andalousite se rencontre parfois en grains de plus grande taille; dans ces cas, il a été possible d'isoler ces grains de la roche et de vérifier leur détermination dans des préparations de poudre, par l'observation du dichroïsme rose-bleu caractéristique.

La *sillimanite* se rencontre de façon relativement fréquente dans le massif, sous la forme de traînées de fibrolite associées aux micas.

L'*andalousite* est beaucoup plus rare.

Le *disthène* est exceptionnel.

J'ai observé ces deux derniers minéraux dans les cas suivants :

a. Certaines bandes de gneiss leucocrate, interstratifiées dans les micaschistes qui affleurent sur les rives du Lac Noir supérieur (région du Lac Cornu), renferment de façon sporadique des grains d'andalousite. Ces grains, de teinte rose violacé, sont généralement de petite taille, mais peuvent atteindre dans certains cas des dimensions allant jusqu'à 2 mm. Ils ne présentent pas de formes cristallographiques propres; ils sont plus ou moins arrondis et transformés à des degrés divers en muscovite, cette transformation s'opérant à partir des clivages de l'andalousite. Une des coupes minces taillées dans ces échantillons a montré la coexistence dans la même roche de l'andalousite et de la fibrolite.

b. Dans la partie supérieure de la vallée de la Pierre à Bérard, à l'Est du col de Salenton, à une altitude de 2 450 m, dans une série de gneiss rubanés, l'andalousite s'est présentée en quantité importante dans une lentille à caractère pegmatoïde d'environ 0,30 × 1 m, enserrée de façon concordante dans la texture feuilletée du gneiss et affectée elle-même d'une légère schistosité. Cette lentille est constituée en majeure partie d'oligoclase, d'andalousite et de grenat, avec un peu de quartz et, accessoirement de la tourmaline et du disthène. L'andalousite se présente en cristaux allongés, de teinte vert bleuâtre, qui atteignent des dimensions de plusieurs millimètres. Sous le microscope, ils se montrent partiellement transformés en muscovite. Le disthène n'existe que sous la forme de quelques grains dispersés, également en voie de muscovitisation plus ou moins avancée. Cette roche, par l'abondance de l'andalousite, constitue une réelle curiosité dans le massif.

c. Enfin le disthène s'est rencontré dans une coupe mince (parmi de nombreuses autres) provenant de la rive Est du Lac Blanc (gneiss biotitique à grain fin), et l'andalousite dans un gneiss hololeucocrate du ravin de Barberine, à proximité du contact du granite de Vallorcine. Il s'agit dans les deux cas de grains isolés, de petite taille (inférieure à 400 μ) et toujours muscovitisés à des degrés divers.

Ainsi les trois minéraux de composition $Al_2 Si O_5$ existent, en faible quantité, au sein des schistes cristallins des Aiguilles Rouges; on observe même la coexistence d'au moins deux de ces trois formes dans la même roche (sillimanite-andalousite et andalousite-disthène), et ce, sans qu'il soit permis de considérer qu'il s'agit d'une transformation d'une forme en une autre, les minéraux observés n'étant pas directement associés ni greffés les uns sur les autres. La présence simultanée du disthène et de l'andalousite dans des roches pegmatitiques qui accompagnent les schistes cristallins a d'ailleurs été signalée, notamment par Lacroix ([1]) à l'île du Levant et par H. Rosenbusch ([2]).

D'autre part, l'examen en coupes minces des roches du massif des Aiguilles Rouges révèle très souvent l'existence d'agrégats muscovitiques ou séricitiques, qui apparaissent comme le résultat de la transformation complète d'un minéral disparu. A la lumière des observations exposées ci-dessus, il n'est pas interdit de penser que ce minéral disparu soit précisément le disthène ou l'andalousite, ce qui expliquerait en partie la rareté de ces minéraux dans le massif des Aiguilles Rouges.

GÉOLOGIE. — *Découverte de Graptolites dendroïdes dans le Dinantien de la région de Tinerhir (flanc Nord du Sarho, Anti-Atlas marocain).* Note de M. **Jean Hindermeyer**, transmise par M. Gaston Delépine.

1. L'étude de la série paléozoïque du flanc Nord de la boutonnière précambrienne du Sarho ([1]) m'a permis d'établir l'existence d'une série dinantienne transgressive et discordante sur le Silurien et le Dévonien. Elle s'étend, en affleurements discontinus, depuis le Sud de Timatraouine (environ 25 km au Sud-Ouest de Tinerhir, feuille Dadès) jusqu'au Ras Sdafl (35 km à l'Est de Tinerhir; flanc Nord de l'Ougnat, feuille Todhra), seul point où le Dinantien ait été jusqu'alors identifié en place dans le sillon pré-africain ([2]).

([1]) A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, Paris, 1893-1895.

([2]) *Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien*, Stuttgart, 1927.

([1]) J. Hindermeyer, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1024.

([2]) L. Clariond, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 62, 1944.

Le Tournaisien a été reconnu en plusieurs points à la base de cette série. Ainsi, au Sud de Timatraouine, des schistes calcareux vert foncé à pendage Nord, reposant en concordance sur les grès ordoviciens, ont livré en particulier dans les dix premiers mètres :

Spirifer tornacensis de Kon., *Sp. konincki* Dew., *Pustula pilosa* I. Thomas, *Spirifer convolutus* Phill., *Spiriferina octoplicata*, *Schizophoria resupinata*, *Schuchertella crenistria* Phill., *Orthis michelini*, *Chonetes hardrensis* Phill., *Munsteroceras* sp., etc. (déterminations G. Delépine).

2. C'est ce niveau qui a donné en outre deux exemplaires de Graptolites dendroïdes, dont voici une description succincte :

Les deux échantillons (*a* et *b*) ne sont pas complets; seule est conservée l'empreinte pyritisée puis oxydée de portions proximales et moyennes du rhabdosome; la sicule fait défaut. Leurs caractères sont communs : rhabdosome buissonnant, formé de branches faiblement divergentes, à division dichotomique inégale; absence totale de dissépiments transversaux entre les branches; les mensurations donnent des valeurs analogues :

	a.	*b.*
Largeur (partielle) du rhabdosome (mm).............	55	45
Hauteur (partielle) du rhabdosome (mm).............	30	55
Épaisseur des branches (mm)........................	0,3 à 0,5	0,3 à 0,5
Écartement des branches sub-parallèles (mm)........	0,8 à 1	0,9 à 1,1
Distances, le long des branches, entre les points de dichotomie (mm) :		
dans la partie proximale...........................	5 à 7	5 à 9
dans la partie moyenne.............................	2 à 5	2 à 4

Aucune hydrothèque n'apparaît conservée le long des branches, oblitérées par une forte oxydation ferrugineuse.

Cependant les caractères du rabdosome (forme générale, mode de croissance apparent, absence de dissépiments) rendent vraisemblable l'attribution de ces deux exemplaires au genre *Dendrograptus*, signalé par ailleurs dans la faune de Graptolites dendroïdes du Marbre noir de Denée (Viséen inférieur) ([3]).

3. Un troisième exemplaire de Dendroïde, d'un type différent, se situe dans la même coupe au Sud de Timatraouine, à environ 40 m au-dessus de la base des schistes verts, dans un niveau viséen inférieur à *Daviesiella* ex. gr. *comoides*, *Spirifer bisulcatus*, *Chonetes longispinus* Roemer, *Ch. Schmiereri* Paeckelmann, *Productus fimbriatus* Sow., *Pr. interruptus*, *Pr. semireticulatus*, *Fenestellides* (déterminations G. Delépine).

C'est une forme à rhabdosome flabellé, dont seules sont conservées les parties proximale et moyenne. Les branches sub-parallèles se multiplient par dichotomie à faible fréquence et sont réunies par un réseau serré de dissépiments, perpendiculaires ou sub-perpendiculaires.

Mensurations. — Largeur et hauteur (partielles) du rhabdosome, 45 et 25 mm; épaisseur des branches, 0,2 mm; écartement des branches, 0,5 à 0,7 mm.; distances entre les dissépiments transversaux, 1,5 à 2 mm; épaisseur des dissépiments, 0,1 mm.

Aucune hydrothèque n'est conservée le long des branches, dont les empreintes sont remplies d'oxyde de fer. On peut rapporter avec doute cet individu incomplet au genre *Ptiograptus* Ruedemann, sans exclure des affinités avec les genres *Dictyonema* et *Callograptus*.

4. Enfin, un quatrième exemplaire de Dendroïde, non encore étudié, a été trouvé, dans les schistes gréseux de base du Ras Sdaff, à un niveau situé à la limite du Tournaisien et du Viséen inférieur, avec notamment *Daviesiella comoides* Sow., et *Schizophoria* aff. *resupinata*, *Syringothyris cuspidata*, *Athyris glabristria*.

C'est précisément le niveau du Marbre noir de Denée d'où provient la très belle faune de Graptolites dendroïdes étudiée et figurée par G. Ubaghs [3].

Ainsi, le Dinantien de la région de Tinerhir est un nouvel exemple — le premier, à notre connaissance, en Afrique du Nord — de la persistance jusqu'au Carbonifère de ce groupe de Graptolites, dont des restes, outre le gisement de Denée, ont été signalés depuis longtemps, à différents niveaux du Dinantien, en Angleterre, à l'île de Man, et dans le « Chouteau limestone » aux U.S.A. [4].

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'analyse d'aimantations fossiles par action de champs magnétiques alternatifs*. Note de M. **Émile Thellier** et Mlle **Francine Rimbert**, présentée par M. Charles Maurain.

Alors que la prospection des aimantations rémanentes des roches volcaniques ou sédimentaires et des terres cuites, témoins possibles du champ terrestre ancien, s'intensifie sur tout le Globe, un problème essentiel reste assez négligé en paléomagnétisme : celui des différences probables entre les aimantations actuelles mesurées et les aimantations originelles. Par exemple, l'aimantation thermorémanente (ATR) initiale d'une roche éruptive (supposée non réchauffée depuis sa venue, pour prendre un cas simple) peut avoir été modifiée par addition d'aimantations rémanentes isothermes acquises, à la température ordinaire, soit par action brève de champs relativement forts dus à des courants de foudre (ARI instantanée), soit par lent traînage dans le champ terrestre au cours des temps (ARI de viscosité). Or l'étude expérimentale [1] et théorique [2] de leurs propriétés montre que ces aimantations peuvent rester séparables et elle incite à essayer une analyse par action de champs alternatifs auxquels l'ATR pourrait être insensible jusqu'à une certaine limite et les ARI très sensibles.

---

(3) G. Ubaghs, *Bull. Mus. R. Hist. Nat. Belgique*, 17, n° 2, 1941, p. 1-30.

(4) R. Ruedeman, Pt. II, *N. Y. State Mus.*, *Mém.* 11, 1908.

(1) E. Thellier, Publications antérieures et *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 205-218.

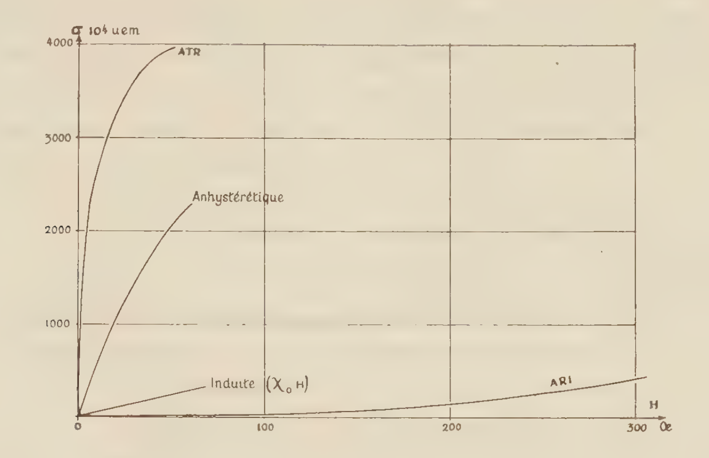
(2) L. Néel, *Ann. Géophys.*, 5, 1949, p. 99-136.

Nous avons entrepris une étude étendue de la désaimantation par des champs alternatifs (dont on fait décroître l'intensité d'une valeur donnée jusqu'à zéro) sur les diverses sortes d'aimantations, séparées ou additionnées, que peuvent porter soit des corps définis comme le sesquioxyde de fer et la magnétite, soit des terres cuites ou des roches. Nous voudrions seulement appeler l'attention sur deux difficultés techniques qui semblent avoir jusqu'ici un peu dérouté les géomagnéticiens.

La première difficulté est bien connue dans les expériences de désaimantation de ferromagnétiques forts; on sait que pour obtenir des résultats cohérents et reproductibles et, en particulier, pour amener l'aimantation technique à une valeur exactement nulle, il faut faire décroître les champs alternatifs utilisés de façon très continue, le moindre à-coup dans cette décroissance provoquant des rémanences parasites capricieuses. Pour y parvenir, un montage assez compliqué est nécessaire dont la réalisation se trouve difficile dans le cas des roches et des terres cuites où l'on doit atteindre des champs dépassant un millier d'œrsted. Nous avons tourné cette difficulté très simplement : l'objet étant placé au centre d'une bobine donnant un champ alternatif constant connu, on l'en retire progressivement suivant l'axe de la bobine, jusqu'à l'amener en champ nul. Dans ces conditions, bien que le champ alternatif, au cours du déplacement, ne soit pas le même aux différents points de l'objet, au même instant, les conditions de la désaimantation restent bien définies et uniformes; en effet, les corps étudiés étant très mauvais conducteurs et ayant des champs démagnétisants de forme négligeables, par suite de la faiblesse de leurs aimantations, chaque parcelle de l'objet se trouve en fait autonome et subit au total la même variation continue du champ alternatif depuis la valeur (non modifiée par la présence de l'objet) de ce champ au centre de la bobine jusqu'à zéro.

La deuxième difficulté est un peu plus sournoise : elle vient de l'aimantation anhystérétique provoquée par le champ terrestre au cours des essais en champ alternatif. Là aussi, on sait qu'un ferromagnétique fort soumis à un champ alternatif décroissant, en présence d'un champ continu fixe H, garde une rémanence σ, fonction uniforme de H et de l'intensité initiale du champ alternatif. L'expérience nous ayant montré que, pour les roches et les terres cuites, ces « rémanences anhystérétiques » étaient relativement très fortes pour un champ H aussi faible que le champ terrestre, nous avons étudié systématiquement les lois de leur acquisition. Disons seulement que, pour H donné, σ croît avec l'intensité maximum du champ alternatif pour atteindre une valeur limite σ_m proportionnelle à H pour les valeurs faibles de H; le rapport σ_m/H, sorte de susceptibilité de rémanence, étant beaucoup plus grand que la susceptibilité χ_0, proprement dite, du corps. La figure ci-jointe donne comme exemple, pour un échantillon constitué par de la magnétite en grains fins dispersée au taux de 1 % dans une substance non magnétique, le début des

courbes de variation de l'aimantation spécifique, en fonction du champ H continu magnétisant, pour les aimantations ARI, induite, anhystérétique et ATR.



On voit que le mécanisme anhystérétique est presque aussi efficace que le mécanisme ATR et, dans les champs faibles, beaucoup plus efficace que le mécanisme ARI. L'étude de la stabilité de ces aimantations montre, d'autre part, que les propriétés de l'anhystérétique sont beaucoup plus proches de celles de l'ATR que de celles de l'ARI. La conséquence de ces faits est capitale au point de vue de la technique de l'analyse des aimantations : il faut que les champs alternatifs désaimantants agissent en l'absence de tout champ continu, c'est-à-dire dans un espace où l'on aura compensé soigneusement le champ magnétique terrestre.

Ces précautions étant prises (continuité dans la décroissance de l'intensité du champ alternatif, suppression du champ terrestre), nous obtenons des résultats exactement reproductibles et, en particulier, des désaimantations exactes, quel que soit le type d'aimantation : ATR, ARI, anhystérétique provoquée volontairement, et superposition de telles aimantations.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des doses croissantes de rayons* X *sur les graines de* Lycopersicum esculentum *Mill.* Note (*) de Mlle **Marcelle Lefort**, présentée par M. Roger Heim.

Chez *L. esculentum*, les graines dormantes sont quatre à cinq fois plus résistantes aux rayons X que les graines préalablement trempées. Si l'on admet une relation entre les modifications obtenues sur les plantules et l'action mutagène du rayonnement, les doses utilisables doivent se situer entre 5 000 et 15 000 r sur les graines trempées et 20 000 et 40 000 r sur les graines dormantes.

En vue d'étudier l'action mutagène des rayons X sur *L. esculentum*,

(*) Séance du 8 novembre 1954.

nous avons réalisé un certain nombre d'expériences préliminaires afin d'avoir une idée des doses utilisables et des conditions de traitement.

A cet effet, nous avons fait agir des doses croissantes de rayons X sur des graines de la variété « San Marzano » (variété fixée), soit sèches (teneur en eau équilibrée avec l'humidité atmosphérique), soit préalablement trempées pendant 24 h dans de l'eau distillée à 20°. Deux lots de graines n'ont pas subi de traitement et ont servi de témoins. Les doses ont été : 15 000, 25 000, 35 000, 40 000 r pour les graines sèches et 5 000, 15 000, 25 000 r pour les graines trempées. Ces irradiations ont été pratiquées sous 200 kV, 10 mA, écran 2 Al, à une distance de 30 cm.

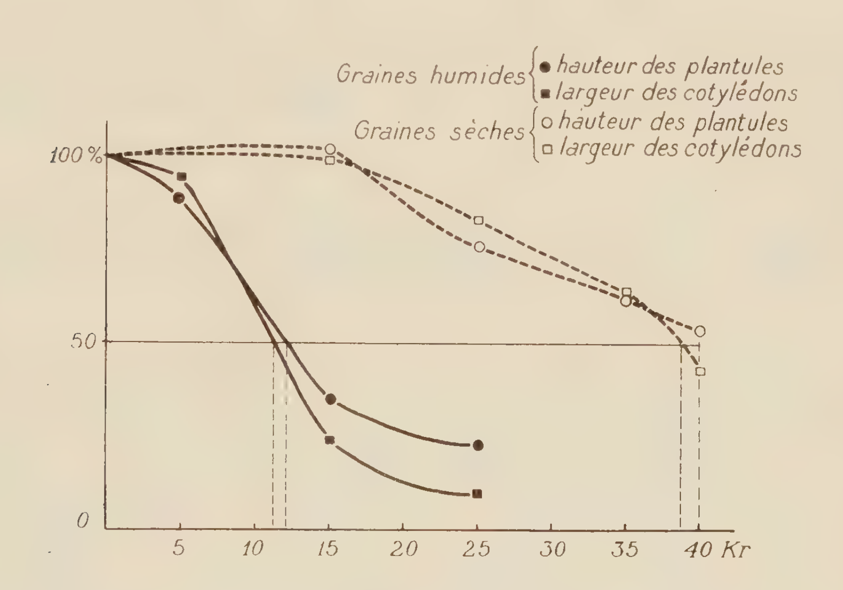
Les traitements ont provoqué, au moins dans un certain nombre de cas, une diminution de la fréquence de germination ou de la survie des plantules et des modifications importantes dans la morphologie de celles-ci, en particulier un raccourcissement de l'hypocotyle (mesuré par la distance entre le collet et la base des feuilles cotylédonaires) et une diminution de la largeur des feuilles cotylédonaires. Ces dernières modifications ne sont pas les seules que nous avons pu observer en première génération, mais elles sont facilement détectables et mesurables. Nous avons donc pu faire à ce sujet une étude quantitative en relation avec l'échelle des doses utilisées.

Les résultats sont groupés dans le tableau.

	Graines sèches.					Graines humides.			
	Témoin.	15 Kr.	25 Kr.	35 Kr.	40 Kr.	Témoin.	5 Kr.	15 Kr.	25 Kr.
Germination (%)	81	75,6	76,4	76,2	73	80	79,2	73,6	62,4
Survie (%) (parmi les graines germées)....	100	97	94	97	83	100	98	68	1,3
Hauteur des plantules, 21 jours après les semis (mm).......	33,0	34,0	25,0	20,7	18,0	34,3	30,7	12,2	8,0
Largeur des cotylédons (mm).......	6,26	6,22	5,25	4,00	2,60	6,20	5,95	1,49	0,66

Les pourcentages de germination et de survie ont été calculés sur 500 graines pour chacun des traitements réalisés; les mesures des hauteurs de l'hypocotyle et des largeurs des cotylédons ont porté, dans chaque cas, sur 50 plantules. La lecture du tableau montre que le pourcentage de germination n'est que peu affecté par l'irradiation quelle que soit la dose employée. Il en est de même du pourcentage de survie des plantules issues de graines non trempées; au contraire, la diminution du pourcentage de survie est très nette et rapidement croissante avec la dose quand il s'agit de graines humides, 25 000 r représentant dans ces conditions une dose presque léthale.

Les deux autres caractères étudiés, longueur de l'hypocotyle et largeur des feuilles cotylédonaires, paraissent dans tous les cas beaucoup plus sensibles à l'action des radiations et d'autant plus que les doses utilisées sont plus élevées. Cette relation apparaît d'ailleurs encore plus clairement si, à l'aide des résultats obtenus, on construit un graphique (*fig.* 1) où sont portées en abscisses les doses utilisées en Kr et, en ordonnées, les mesures effectuées rapportées à celles des témoins correspondants.



On vérifie à nouveau sur ces courbes, et ceci pour toutes les doses employées, que les graines préalablement trempées sont beaucoup plus sensibles aux rayons X que les graines sèches ; une dose de 10 000 r suffit, sur graines trempées, pour diminuer de 50 % la croissance des plantules, alors que pour obtenir le même résultat sur graines sèches, il est nécessaire d'employer des doses quatre à cinq fois plus élevées. Il est assez curieux de noter que ce rapport de sensibilité 1/4 ou 1/5 a déjà été trouvé dans des conditions identiques chez d'autres Végétaux, en particulier chez l'Orge, bien que la sensibilité générale de cet organisme aux rayons X soit pourtant très inférieure à celle de la tomate (1), (2).

Les différences de réaction entre plantules issues de graines sèches et préalablement trempées ne doivent pas être simplement imputées à la différence de teneur en eau des graines au moment de l'irradiation. En effet, l'action des radiations sur des graines dont la teneur en eau est équilibrée avec des atmosphères plus ou moins riches en vapeur d'eau est d'autant

(1) L. Ehrenberg, A. Gustafsson et N. Nybom, *Botaniska Notiser*, 1952, p. 343-363.

(2) A. Gustafsson, *Hereditas*, 30, 1944, p. 165-168.

plus importante que le pourcentage d'humidité est plus faible ([3]). Cette contradiction des résultats n'est sans doute qu'apparente; le trempage des graines, 24 h avant le traitement, entraîne évidemment des modifications importantes dans les activités métaboliques de la graine dont certaines peuvent conduire à une augmentation de la sensibilité aux rayons X.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du milieu de culture sur l'activité oxydasique du mycélium et des rhizomorphes d'Armillariella mellea.* Note de Mme **Micheline Jacques-Félix** et Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Roger Heim.

L'activité oxydasique de l'*Armillariella mellea* de France en culture artificielle varie suivant le milieu nutritif offert au champignon. Le mycélium aérien et les rhizomorphes développés sur carotte présentent une forte activité de crésolase, tandis que sur banane cette activité est négligeable.

Des tubes de Roux contenant des fragments de carotte ou de banane ont été ensemencés à la même date avec du mycélium de *Clitocybe* (*Armillariella*) *mellea* de France développé sur milieu de maltea à 2 %, et déposés à l'étuve à 24°. L'aspect morphologique des cultures âgées de 24 jours était différent sur carotte et sur banane, surtout en ce qui concerne les rhizomorphes. Blancs, larges et aplatis sur carotte, ils étaient en général arrondis et plus foncés sur banane. Par ailleurs, les rhizomorphes de l'Armillaire cultivée sur carotte (*Arm. C*) se coloraient rapidement en orangé au contact du *p*-crésol, alors que ceux de l'Armillaire cultivée sur banane (*Arm. B*) ne présentaient pas ce phénomène. Cette remarque montrait que les différences entre les deux cultures n'étaient pas uniquement du domaine de la morphologie.

Nous avons donc étudié la teneur en oxydases, sur les deux milieux cités et à des âges différents, d'une part du mycélium aérien formé d'hyphes libres et de la croûte brune sous-jacente, d'autre part des rhizomorphes. Pour chaque expérience, à partir de cultures de même âge et aussi bien développées, des extraits enzymatiques ont été préparés en broyant au mortier avec 5 cm³ d'eau bi-distillée 500 mg de mycélium aérien ou de rhizomorphes débarrassés du milieu de culture et séchés dans un papier filtre. Après centrifugation (10 mn à 3000 t/mn) l'activité enzymatique a été mesurée dans la phase liquide par la technique de Warburg.

L'*Arm. C* possède une forte activité de crésolase. Elle oxyde également le pyrocatéchol, mais dans ce cas l'enzyme est très rapidement inhibé par la quinone formée. L'hydroquinol et le gaïacol ne sont pas oxydés. Dans toutes

([3]) M. Lefort et L. Ehrenberg, *Arkiv für Botanik* (sous presse).

les expériences l'activité enzymatique des rhizomorphes est un peu plus forte que celle du mycélium aérien.

L'*Arm. B* n'oxyde aucun de ces phénols. Une très légère activité vis-à-vis du *p*-crésol a pu cependant être décelée dans les cultures plus âgées, mais elle est négligeable par rapport à celle qu'on observe chez l'*Arm. C* de même âge.

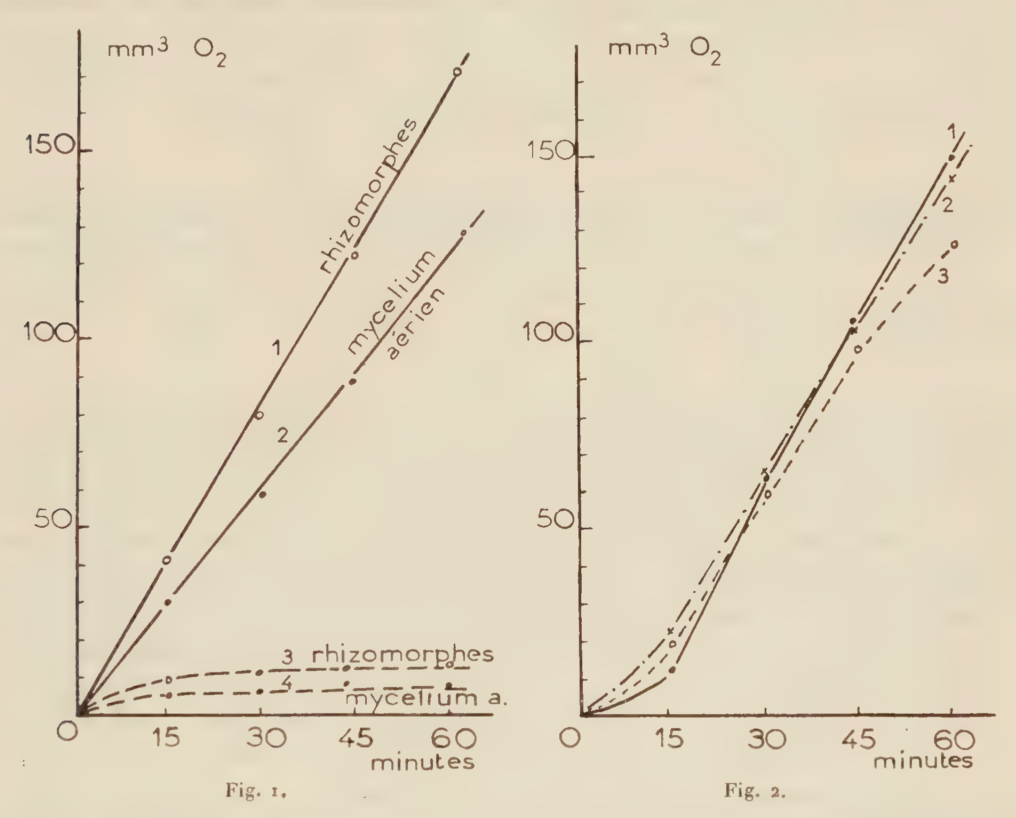


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Oxydation du *p*-crésol par l'*Arm. C* (1 et 2) et l'*Arm. B* (3 et 4). Chaque fiole contient : 2 cm³ de tampon phosphate M/15, 0,5 cm³ d'extrait enzymatique, 0,5 cm³ de sol. phénolique M/20, 0,2 cm³ NaOH N (godet central) pH = 5,3; $t^0 = 25^\circ$.

Fig. 2. — Action des extraits de banane sur l'oxydation du *p*-crésol par les rhizomorphes d'*Arm. C*. Mêmes conditions expérimentales qu'à la fig. 1 : 1, extrait enzymatique; 2, extrait enzymatique + 0,2 cm³ d'extrait de banane stérilisée; 3, extrait enzymatique + 0,2 cm³ d'extrait de banane stérilisée sur laquelle s'est développée l'Armillaire.

Signalons que l'*Arm. B* constitue, pour le moment du moins, un cas exceptionnel. Les cultures d'Armillaires sur d'autres milieux, que nous avons examinées aux cours de ces recherches, contenaient de la crésolase.

Ce manque d'activité oxydasique chez l'*Arm. B.* pourrait être imputé à la présence d'un facteur inhibiteur de l'enzyme existant dans la banane ou s'y développant pendant la croissance du champignon. Il n'en est rien. En effet, l'extrait de banane stérilisée ayant servi ou non de milieu de culture, ajouté à la préparation enzymatique, ne modifie pas l'absorption d'oxygène par une

préparation d'*Arm. C* en présence de *p*-crésol (*fig.* 2). Par ailleurs, les extraits d'*Arm. B.* n'oxydent ni le pyrocatéchol, ni l'hydroquinol; leur manque d'activité vis-à-vis du *p*-crésol ne peut donc être attribué à l'absence d'un *o*-diphénol qui, oxydé par la catécholase, produirait l'oxydation du *p*-crésol ([1]).

On doit donc conclure que l'inaptitude manifestée par l'Armillaire cultivée sur banane à oxyder le *p*-crésol est due à l'absence de crésolase. Il est vraisemblable que l'organisme ne trouve pas dans le milieu de culture tous les constituants indispensables à la biosynthèse de l'enzyme.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De quelques relations entre des modifications morphologiques et des changements métaboliques obtenus chez des champignons par la restriction en azote d'un milieu de culture plus ou moins aéré.* Note de M. **Philippe Jacques Luteraan**, présentée par M. Roger Heim.

Un ravitaillement restreint en azote limite la croissance, mais entraîne aussi des modifications morphologiques qui sont parfois considérables : 1° il y a, à la fois, accentuation de la migration habituelle du cytoplasme à l'extrémité distale des éléments végétatifs et élongation de ces derniers; à mesure qu'ils sont abandonnés par le cytoplasme, il se forme des enclaves lipidiques en amont de celui-ci et les membranes, abondantes, peuvent se pigmenter; les traces du passage du cytoplasme au travers de cette masse d'éléments végétatifs subsistent sous la forme de chlamydospores; 2° le développement qui se faisait en surface se poursuit lentement vers la profondeur, comme si le cytoplasme se dérobait à l'oxygène, cependant que les éléments immergés continuent de présenter les mêmes caractères que lors du développement en surface. Certains champignons prennent facilement, dès le quatrième jour, un type de développement immergé, même sur milieux équilibrés en azote; ils paraissent, de ce fait, peu exigeants en oxygène et chez eux la restriction en azote accentue peu les phénomènes morphologiques déjà observés normalement; c'est le cas, par exemple, de *Geotrichum candidum*, Adélomycète arthrosporé et polynucléé. Au contraire, *Pullularia pullulans*, Dématiée polymorphe et exigeante en oxygène, s'immerge sous l'action d'une restriction en azote et les modifications morphologiques correspondent à la description donnée ci-dessus.

Nous avons recherché si à des différences aussi profondes dans les réactions morphologiques de ces deux champignons correspondent des modifications de comportement métabolique que peuvent nous révéler les différences de récolte, leur teneur en azote et la consommation de glucose. Nous avons vu, d'après les modifications morphologiques consécutives à la restriction en azote, que

---

([1]) Adams et Nelson, *J. Amer. Chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 2474.

l'organisme réagit en même temps à l'action de l'oxygène. Aussi avons-nous fait varier de façon concomitante ces deux facteurs : concentration en azote du milieu et ravitaillement en oxygène. Le sulfate d'ammonium est employé aux concentrations en azote de N/18,75 (milieu équilibré) à N/150. On fait varier le ravitaillement en oxygène en agitant ou non des Erlenmeyer de 300 cm³ contenant 50 cm³ de milieu où la concentration initiale du glucose est M/7,5.

Tableau I.

Geotrichum candidum. (Durée de culture : 4 jours.)

Concentration en azote.	Agitation. Poids sec (mg).	Agitation. Azote total %.	Agitation. Glucose consommé / Azote total	Sans agitation. Poids sec (mg).	Sans agitation. Azote total %.	Sans agitation. Glucose consommé / Azote total
N/18,75......	113	6,7	56	114	6,4	55
N/37,5.......	115	6,8	46	107	6,4	58
N/75.........	91	7,0	47	85	6,9	57
N/150........	79	6,4	40	73	5,8	53

Sur milieux non agités le voile a partout une apparence immergée sans anneau. La teneur en azote du champignon, dans toutes les conditions, se montre élevée et le rapport glucose consommé/azote total reste bas; il s'abaisse encore dans les cultures aérées lorsque la déficience en azote est très prononcée. Dans aucun cas il ne semble y avoir de modification sensible du comportement métabolique du champignon; un large apport azoté améliore, de peu d'ailleurs, l'importance de la récolte.

Tableau II.

Pullularia pullulans (Durée de culture : 7 jours).

Concentration en azote.	Agitation. Poids sec (mg).	Agitation. Azote total %.	Agitation. Glucose consommé / Azote total	Sans agitation. Poids sec (mg).	Sans agitation. Azote total %.	Sans agitation. Glucose consommé / Azote total
N/18,75......	261	4,9	94	114	5,9	135
N/37,5.......	223	5,0	107	115	5,6	140
N/75.........	178	4,3	147	120	5,6	138
N/150........	118	3,7	179	108	4,3	178

1° Avec des milieux équilibrés en azote, un bon ravitaillement en oxygène augmente la croissance qui se fait alors avec une consommation moindre de glucose. 2° L'aération accentue les effets de la restriction en azote : dans ce cas, la croissance est relativement plus vite freinée, la teneur en azote du champignon plus vite abaissée, le rapport glucose consommé/azote total s'élève fortement et plus vite que le rapport glucose consommé/poids sec et, enfin, il y a production de pigments mélaniques fixes et diffusibles. 3° Lorsque le ravitaillement insuffisant en oxygène limite la croissance, les rapports glucose

consommé/azote total et glucose consommé/poids sec ainsi que les teneurs en azote sont partout élevés; ce sont là des indices physiologiques d'une activité migratrice moins grande du cytoplasme et d'une édification moins importante de membranes que lorsque le ravitaillement en oxygène est convenable.

Ainsi, la confrontation des modifications de forme et de quelques modifications biochimiques entraînées par la restriction en azote du milieu avec un ravitaillement en oxygène variable montre : 1° que le type métabolique des deux champignons étudiés est distinct; 2° qu'il existe des rapports entre les modifications de forme et les modifications biochimiques étudiées : chez *Geotrichum candidum*, les effets d'une restriction en azote sur la morphogénèse sont relativement faibles, cet organisme a une tendance spontanée à l'immersion et parallèlement il est peu sensible, au point de vue biochimique, à des différences tant de concentration en azote du milieu que de ravitaillement en oxygène; au contraire, chez *Pullularia pullulans*, les modifications morphologiques obtenues et notamment l'activité migratrice accrue du cytoplasme sous l'effet d'une restriction en azote sont d'autant plus importantes que les conditions d'aération sont meilleures; parallèlement il se produit des modifications importantes du comportement métabolique, révélées par les variations de la teneur en azote et de la consommation de glucose.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la relation entre la structure chimique et l'activité phytocide de différents sels, esters et autres dérivés de l'acide monochloracétique.* Note de M. **Pierre Poignant**, présentée par M. Raoul Combes.

L'acide monochloracétique, ses sels alcalins et phénylesters sont les plus actifs; les autres esters de la série aromatique sont moins toxiques, quoique eux-mêmes supérieurs aux esters de la série cyclohexane. Les alkyl-esters ne possèdent qu'une activité très faible, sauf s'ils contiennent eux-mêmes un halogène ou une double liaison.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que divers acides organiques ou leurs sels, appartenant à la série grasse et possédant un groupement électronégatif en α du carboxyle étaient phytocides sur la dicotylédone choisie comme plante-test (le Rutabaga, *Brassica Napo-campestris* D. C.) tandis que leurs alkyl-esters ne présentaient aucune activité jusqu'à la concentration d'essai la plus élevée (40 000 p. p. m.).

C'est pourquoi nous nous sommes proposés de rechercher, à partir d'un acide simple de cette classe de substance, l'acide monochloracétique, si l'activité phytocide était liée à la nature des esters et dans quelle mesure. Nous

---

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 822.

avons donc examiné différents esters alkyliques et aryliques et certains autres dérivés.

C'est en 1951, que nous avons mis en évidence les propriétés herbicides de l'acide monochloracétique et de divers dérivés, indépendamment de Zimmerman et Hitchcock [2], [3].

Protocole expérimental. — Rappelons [1] que le traitement a été appliqué sur des plantules de Rutabaga et de Blé cultivées en mélange, sous forme de pulvérisation très fine apportant 10 cm^3 de dilution par terrine de 625 cm^2. L'activité des produits sur Rutabaga a été estimée en précisant à la fois la concentration phytotoxique la plus élevée et la concentration phytocide la plus faible (dans une gamme en progression géométrique de raison 1/2. La phytotoxicité éventuelle sur blé a été aussi notée. Les résultats sont exprimés en parties par million (p. p. m.); la concentration la plus forte essayée a été de 80 000 p. p. m.

Résultats. — Ils sont consignés dans le tableau et mettent en évidence les points suivants :

a. L'acide monochloracétique et ses sels d'ammonium et de sodium sont parmi les substances les plus toxiques.

b. Tous les alkylesters sont d'une activité phytocide très faible et ce pour des chaînes carbonées allant de C_1 à C_{16}.

c. Les arylesters de la série du cyclohexane (cyclohexyle, et ses dérivés mono et diméthylés) sont d'une activité intermédiaire entre celle des sels et des alkylesters.

d. Les arylesters simples, de la série aromatique (benzyle, phényle, crésyle) et l'anilide sont d'une activité intermédiaire entre celle des sels et des dérivés cyclaniques.

e. Les phénylesters halogénés sont eux-mêmes plus actifs que le monochloracétate de phényle.

La toxicité est maximum pour le dérivé trichloré en 2.4.5 (625-1250 p. p. m.) tandis qu'elle est égale et un peu plus faible pour les dérivés 2.3.6 et 2.3.4.5.6 (1250-2 500 p. p. m). Il est curieux de retrouver une activité physiologique maximum avec le monochloracétate de 2.4.5-trichlorophényle; cette position des substituants sur le noyau confère également des propriétés physiologiques puissantes dans la série des phénols et des phénoxyacétates.

De l'ensemble des présentes données, il semble bien que l'activité phytocide soit liée à la mobilité de l'halogène situé en α du carboxyle. Mais la mobilité d'un halogène est accrue par substitution de groupements électronégatifs dans

---

[2] P. W. Zimmerman, A. E, Hitchcock et H. Kirkpatrick Jr, *Proceed. Northeast. Weed Control Conf.*, New York, 1951, p. 231.

[3] A. E. Hitchcock, P. W. Zimmerman et H. Kirkpatrick Jr, *Proceed. Northeast Weed Control Conf.* New York, 1951, p. 205.

son voisinage. Au contraire, cette mobilité est diminuée par l'addition de radicaux méthyle ou méthylène. C'est ainsi que les esters aliphatiques n'ont qu'une très faible activité phytocide.

La substitution d'un halogène ou d'une double liaison (ester de 2-chloroéthyle et de propylène) fait réapparaître cette activité parce que nous retrouvons la mobilité du Cl.

Tableau sur la relation structure chimique. — Activité phytocide des substances de formule générale $CH_2Cl-COOR$.

(Résultats sur plantules de Rutabaga.)

I. Sels et esters alkyliques. Nature de R.	Activité phytocide en p. p. m.	II. Esters cyclaniques et aryliques. Nature de R.	Activité phytocide en p. p. m.
H	1 250- 2 500	Cyclohexyle	10 000-20 000
Ammonium	2 500- 5 000	Méthylcyclohexyle	10 000-20 000
Sodium	2 500- 5 000	Diméthylcyclohexyle	10 000-20 000
Méthyle	40 000-80 000	Benzyle	5 000-10 000
Éthyle	40 000-80 000	Phényle	5 000-10 000
2-chloroéthyle	5 000-10 000	Dichloro-2.4 phényle	5 000-10 000
2-propyle	40 000-80 000	Trichloro-2.3.6 phényle	1 250- 2 500
Propylène	5 000-10 000	Trichloro-2.4.5 phényle	625- 1 250
n-butyle	40 000-80 000	Pentachlorophényle	1 250- 2 500
Iso-amyle	40 000-80 000	Ortho-crésyle	5 000-10 000
n-octyle	40 000-80 000	Méta-crésyle	5 000-10 000
n-dodécyle	40 000-80 000	Para-crésyle	5 000-10 000
n-hexadécyle	40 000-80 000	Anilide	2 500- 5 000

III. Autres dérivés.

Amide	2 500- 5 000	Monochloracétylurée	2 500- 5 000
Tétraméthylammonium	> 20 000 (*)	di-(monochloracétate) de glycol	2 500- 5 000
Morpholine	5 000-10 000		

(*) Pas essayé à une concentration supérieure.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Métabolisme du stachyose et du raffinose chez les Crucifères.* Note de M. **Robert Dupéron**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les Crucifères, le stachyose et le raffinose, lorsqu'ils existent, semblent ne se rencontrer que dans les graines. Ils apparaissent, dans celles-ci, lors de la maturation, et se forment, vraisemblablement, aux dépens de l'amidon. Nous avons montré, antérieurement, l'utilisation de ces holosides dès le début de la germination.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré la présence du stachyose (tétraholoside) et du raffinose (triholoside) dans de nombreuses graines oléa-

---

[1] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1331.

gineuses, appartenant pour la plupart à la famille des Crucifères. Nous avons également observé [2] l'hydrolyse et l'utilisation de ces deux holosides dès les premières phases de la germination de ces semences. Ces sucres semblent donc se comporter comme des substances de réserve.

Afin de préciser l'importance du rôle du stachyose et du raffinose chez les Crucifères, nous avons étudié la formation et la répartition de ces holosides, pendant toute la végétation de la Moutarde blanche (*Sinapis alba*) et du Radis (*Raphanus sativus*). A cet effet, nous avons déterminé, par chromatographie sur papier, la nature des glucides solubles présents dans chaque organe, et à tous les stades du développement, depuis la germination jusqu'à la fructification.

Le tableau ci-après, mentionne les sucres rencontrés dans la Moutarde blanche.

Stades de développement.	Organes.	Sucres (*).
Fin de la germination	Plante entière	S. G. F.
Formation des boutons floraux	Racines	S. G.
	Tige	S. G. F.
	Feuilles	S. G. F.
Épanouissement des fleurs	Racines	S.
	Tige	S. G. F.
	Feuilles	S.
	Fleurs	S. G. (traces) F. (traces)
Fructification	Racines	S. F.
	Tige	S. G. F.
	Feuilles	S. F.
	Fruits (sans les graines)	S. G. F.

(*) S, saccharose; G, glucose; F, fructose; St, stachyose; R, raffinose.

De ces données, il ressort que le saccharose est présent dans tous les organes et à tous les stades du développement. Le glucose et le fructose se rencontrent fréquemment, principalement dans la tige et les fruits, ces derniers étant particulièrement riches en glucose. Par contre, les chromatogrammes ne révèlent jamais la présence du stachyose ni du raffinose.

Ainsi, de toutes les parties de la plante, seules les semences de Moutarde contiennent du stachyose et du raffinose.

Nous nous sommes donc proposé d'étudier la genèse de ces deux sucres, au cours de la formation des graines.

Dans ce but, des graines ont été prélevées, à l'intérieur des siliques, à différentes phases de la maturation.

Le tableau suivant montre les caractéristiques biochimiques de ces semences, à trois stades successifs de leur maturation :

([2]) *Rev. gén. Bot. Fr.*, 61, 1954, p. 261-285.

	Couleur de la graine.	Hydratation (rapportée à la matière sèche) (%).	Glucides insolubles.	Sucres solubles
1	verte	144	amidon abondant	S. F. (traces), G. (traces)
2	jaune	32	pas d'amidon	S. St. R. (traces), G. (traces)
3	jaune (*)	9	pas d'amidon	S. St. R. G. (traces)

(*) Graines mûres.

La graine immature jeune (stade 1), très hydratée, est riche en chlorophylle et en amidon mais relativement pauvre en graisses. Elle ne contient pas de stachyose ni de raffinose, mais le saccharose y est assez abondant. Dans la suite (stade 2), la chlorophylle et l'amidon disparaissent. Corrélativement, la semence s'enrichit en graisses et le stachyose et le raffinose apparaissent. Ces deux holosides sont, vraisemblablement, synthétisés progressivement, aux dépens de l'amidon. La déshydratation du grain se poursuit, ensuite, jusqu'à maturité complète, sans qu'il y ait de changements biochimiques significatifs dans la graine (stade 3).

Des expériences analogues menées avec le Radis (*Raphanus sativus*) nous ont conduit à des résultats semblables à ceux précédemment exposés : le saccharose est présent dans tous les organes, à tous les stades du développement; le glucose et le fructose sont surtout abondants dans les tubercules jeunes, les fleurs et les fruits; enfin, le stachyose et le raffinose ne se rencontrent que dans les semences.

En conclusion, chez les Crucifères qui contiennent du stachyose et du raffinose, ces deux holosides ne semblent pouvoir être décelés que dans les semences. Ils apparaissent lors de la maturation et se forment, vraisemblablement, aux dépens de l'amidon, abondant dans la graine immature jeune.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle de l'hétéroauxine et de l'hydrazide maléique dans la rhizogénèse des pointes de racines de Carotte.* Note (*) de M. **Paul-Émile Pilet**, transmise par M. Henri Devaux.

La croissance des radicelles de pointes de Carotte, sectionnées longitudinalement, permet de mettre en évidence l'antagonisme physiologique de l'HA et de l'HM. Ces deux corps accélèrent la rhizogénèse à faibles doses et l'inhibent à fortes concentrations mais l'HM lève l'inhibition produite par l'HA.

Nous choisissons des Carottes de 9 cm de longueur environ et coupons leur pointe à 3,5 cm, à partir de leur base. Sectionnés longitudinalement en deux parties égales, ces fragments sont déposés dans des boîtes de Petri [la

(*) Séance du 15 novembre 1954.

face plane contre le papier filtre ([1])]. Pour chaque boîte (S : 73 cm²), on ajoute 5 cm³ d'une solution de Ringer contenant une quantité connue d'hétéro-auxine (HA) ou d'hydrazide maléique (HM) exprimée en molécules par litre. Les boîtes, placées à l'étuve (température : 22° ± 1 ; humidité : 75 % ± 5 ; obscurité), y demeurent 72 h. Après quoi, on évalue l'importance de la rhizogénèse en utilisant la notion d'indice rhizogénique (IR) déjà défini ailleurs ([2]) et que nous adaptons à ce matériel :

$$\mathrm{IR} = \frac{\mathrm{SR.SL}}{\mathrm{N.30}},$$

SR étant le nombre total de radicelles développées sur 30 fragments de la même catégorie, SM la somme de leur longueur et N le nombre total des « bouquets » de radicelles apparues (*fig.* 1).

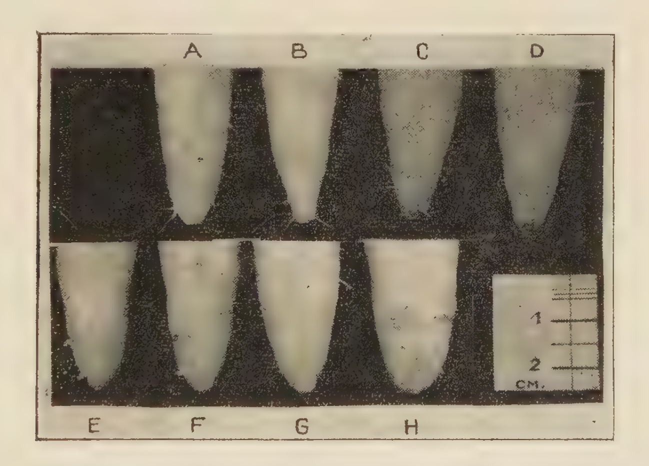


Fig. 1. — Quelques pointes de Carotte après 72 h. Le sens des lettres est donné dans la figure 2.

Les résultats, exposés graphiquement (*fig.* 2), autorisent les remarques suivantes :

1. La rhizogénèse est plus importante à la pointe des fragments.

2. L'HM, seule, provoque à faibles concentrations une accélération de la rhizogénèse [observation en accord avec les résultats antérieurs ([3])] qu'on peut interpréter en rappelant que ce corps entraîne l'activation du péricycle ([4]). A fortes doses, l'HM inhibe la rhizogénèse ; cette remarque peut s'expliquer par le fait que l'HM freine la croissance des racines ([5]).

([1]) Nous utilisons des filtres DURIEX, sans cendres.

([2]) P. E. Pilet, *Rev. gén. Bot.*, 61, 1954, p. 637.

([3]) E. Bertosi, *Atti Istituto bot. Pavia*, 8, 1950, p. 55.

([4]) P. E. Pilet et L. Margot, *Bull. Soc. bot. suisse* (sous presse).

([5]) D. L. Schoene et O. L. Hoffman, *Science*, 109, 1949, p. 588 ; G. Netien et M. Briffaz, *Bull. Soc. lin. Lyon*, 20, 1951, p. 179 ; P. E. Pilet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1430 ; V. Greulach et J. G. Haseloop, *Amer. J. Bot.*, 41, 1954, p. 44.

3. L'HA accélère la rhizogénèse d'autant plus que sa concentration augmente. Mais au-delà de 5.10^{-5} Mol/l, il y a inhibition. La dose trop forte d'HA qui provoque pourtant la division du péricycle, entraîne l'inhibition de croissance des ébauches radiculaire. Ces observations sont en accord avec les résultats récents relatifs à la rhizogénèse auxinique (6).

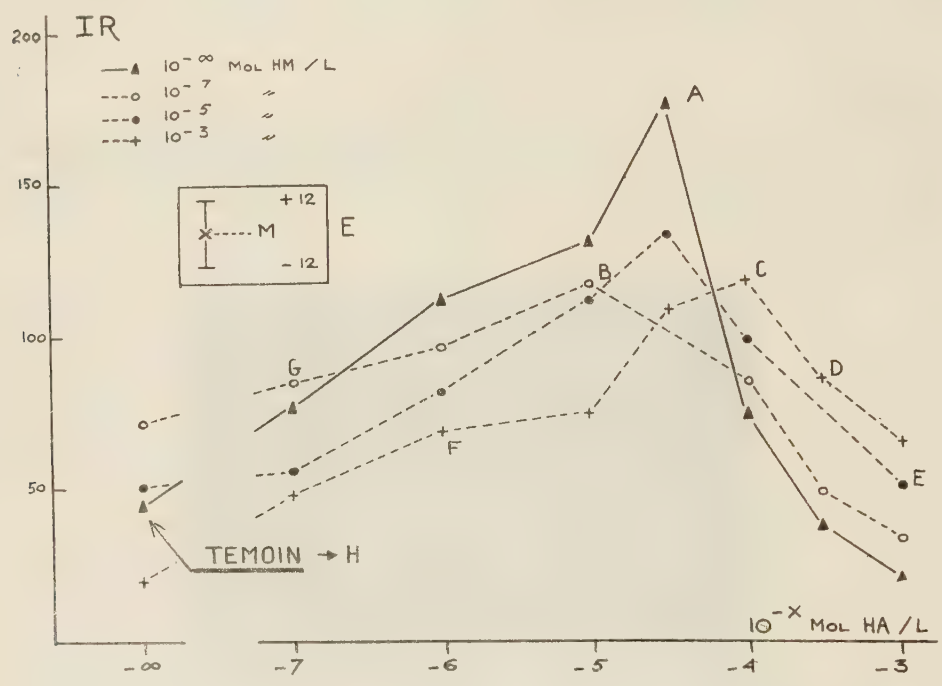


Fig. 2. — IR : indice rhizogénique après 72 h ; E : erreur systématique ; M : moyenne pour 30 fragments ; HM : hydrazide maléique ; HA : hétéroauxine.

4. L'inhibition de la rhizogénèse par l'HA, à fortes concentrations, est partiellement levée par l'HM et ceci d'autant plus fortement que la concentration de cette substance est plus élevée. L'hypothèse de l'action directe de l'HM sur l'HA est à rejeter puisqu'on a montré que le taux en auxines de tissus traités par l'HM ne subit pas de changement (7). L'antagonisme physiologique déjà signalé (8) à propos de ces substances et le fait que l'HM se comporte comme

(6) F. W. Went, *Amer. J. Bot.*, 26, 1939, p. 24 ; H. E. et G. L. Warmke, *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 272 ; M. Levine, *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 445 ; P.-E. Pilet, *Mém. Soc. vaud. Sc. Nat.*, 10, 1951, p. 137 ; P. E. Pilet, *Phyton* (Austria), 4, 1953, p. 247 ; H. Geissbühler, *Bull. Soc. bot. suisse*, 63, 1953, p. 27.

(7) Z. Kulescha, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 958 ; P.-E. Pilet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1430.

(8) R.-J. Gautheret, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2218 ; W. H. Schopfer, E. Grob et G. Besson, *Arch. Sc.*, 5, 1952, p. 5.

une anti-auxine (9) permettent de rendre compte de ces résultats sans qu'on puisse, pour le moment, en donner une explication plus précise.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur les divisions nucléaires chez les Basidiomycètes.* Note de Mme **Panca Heim**, présentée par M. Roger Heim.

Les divisions du noyau de la baside n'offrent rien de particulier et se déroulent suivant le schéma décrit chez les autres végétaux. Ni centrosomes, ni asters ne figurent aux pôles du fuseau, et les granules décrits comme tels sont étrangers au noyau et n'ont aucun rapport avec l'évolution de ce dernier.

Nos observations sur les divisions nucléaires et les numérations chromosomiques, chez un grand nombre de Basidiomycètes appartenant à divers groupes, nous ont conduit aux principaux résultats suivants.

Les phénomènes initiaux de la division du noyau de la baside consistent en une accentuation des chromocentres figurant sur le réseau nucléaire qui présentent alors une chromaticité plus intense et se dégagent progressivement des fins filaments qui les relient. Cette sorte de contraction, de ramassement sur eux-mêmes se poursuit jusqu'à la fin de la prophase sans qu'il y ait jamais le moindre indice de dualité tellement les éléments associés sont confondus.

Ces éléments, ou chromosomes, très condensés, de petite taille, d'aspect granuleux ou en courts bâtonnets uniformément colorés, se groupent à la fin de la prophase au centre du noyau. A ce moment, il est facile de les dénombrer. Leur nombre varie selon les espèces, comme chez les Ascomycètes, entre 4, 6 et 8.

Les chromosomes se placent à la métaphase au centre d'une masse fusoriale sans structure apparente, c'est-à-dire qu'elle ne comporte ni fibrilles, ni asters, ni centrosomes. D'origine intranucléaire, le fuseau apparaît comme une substance plus claire que le cytoplasme environnant, dans laquelle les chromosomes se meuvent, se divisent et se déplacent vers les pôles.

La membrane nucléaire, ainsi que le nucléole, disparaissent à la fin de la prophase. Dans certains cas, le nucléole persiste jusqu'à la fin de l'anaphase aussi bien dans la première que dans la deuxième division du noyau de la baside.

Après leur organisation complète, les noyaux-fils observent un court stade de repos avant d'entrer à leur tour en division, pour donner les noyaux embryonnaires. Au cours de cette seconde mitose, le nombre de chromosomes est le même que lors de la première, mais leur taille est réduite de moitié.

La position des fuseaux ne semble pas pouvoir être prise en considération,

---

(9) A. C. Leopold et W. H. Klein, *Physiol. Plantarum*, 5, 1951, p. 91.

pour la taxinomie des Basidiomycètes, du moins autant que Juel l'avait pensé lorsqu'il répartissait ces champignons en deux séries, les *Stichobasidiés* où le fuseau est parallèle au grand axe de la baside et les *Chiastobasidiés* où le fuseau est perpendiculaire à cet axe. En réalité, les fuseaux peuvent présenter plusieurs orientations, plus ou moins constantes chez les diverses espèces d'un même genre et souvent chez la même espèce. En effet, la présence d'une ou de plusieurs vacuoles, ou d'autres causes, liées probablement au cytoplasme, peuvent modifier la position du fuseau qui apparaît tantôt transversal, tantôt vertical ou oblique.

Au moment de la sporulation, les noyaux-fils gagnent le sommet de la baside, s'étirent plus ou moins lors de leur passage à travers les stérigmates, pour pénétrer dans les spores. Ni centrosomes, ni fibres kinoplasmiques n'interviennent dans ce mouvement naturel, dans ce processus physiologique qui pousse le noyau embryonnaire vers la spore, et prélude à sa dissémination.

BOTANIQUE. — *A propos du caryotype de* Androsace villosa *L. var.* subexscapa *Emb. et R. Maire*. Note de MM. **Marcel Guinochet** et **Pierre Quezel**, présentée par M. Roger Heim.

La découverte d'*Androsace villosa* L. sur les hautes montagnes de l'Afrique du Nord est due à L. Emberger (1931). Les quelques exemplaires recueillis par cet auteur proviennent de deux stations situées sur le Grand Atlas calcaire, éloignées cependant de près de 300 km : le Djebel Ghat (3 600 m) et le mont Imghal (3 200 m).

Au cours de divers séjours effectués par l'un de nous sur le Haut Atlas, il a été possible de récolter cette plante en plusieurs localités : M'Goun, Bou Naceur, Rhat. Sur ce dernier massif elle est à peu près exclusivement localisée sur les parois rocheuses exposées au Nord de dolines à neige (3 200-3 500 m) où elle croît en particulier avec : *Gnaphalium Genevoisi* Emb., *Erigeron Mairei* Br. Bl., *Arabis Verdieri* Qz., *Aspidium lonchitis* Soy-Will.

D'après Emberger et Maire (in Maire, *Contributions*, n° 1289), *Androsace villosa* du Grand Atlas constitue une variété spéciale : var. *subexscapa* Emb. et Maire, caractérisée surtout par son inflorescence pauciflore à hampe très réduite; sur les échantillons que nous avons récoltés, ces caractères sont souvent atténués.

L'étude caryologique poursuivie à partir de graines provenant de nos récoltes (Rhat et Bou Naceur), nous a montré pour la variété africaine, un caryotype différent de celui de la variété européenne : $n = 10$ au lieu de $n = 36$ [1].

---

[1] Sokolovskaia et Strelkova, *C. R. Acad. Sc. U.R.S.S.*, nouv. série, 29, 1940, p. 415.

Cette constatation est intéressante de plusieurs points de vue :

1. Tout d'abord, le var. *typica* des montagnes d'Europe représente donc en réalité un aneupolyploïde : $n' = 4\,(n - 1)$ de la variété *subexscapa* nord-africaine, qui, dès lors, apparaît comme un type primitif. Ce fait est d'ailleurs en accord avec la connaissance des caryotypes chez diverses autres Androsaces orophiles (*septentrionalis*, *helvetica*, *Wulfeniana*) où le génome comporte précisément un nombre de chromosomes égal à 10 ou à 10 × 3(*A. maxima*, *elongata*, *obtusifolia*, *carnea*, *lactea*).

2. Bien qu'*Androsace villosa* var. *subexscapa* représente indiscutablement une des formes primitives de l'espèce *A. villosa sensu lato*, cette variété est aujourd'hui étroitement localisée en quelques points du Grand Atlas calcaire, alors que le polyploïde var. *typica* occupe au contraire toute la zone des montagnes européennes; il serait intéressant de rechercher si *A. villosa* var. *olympica* des montagnes grecques, morphologiquement très proche de la variété marocaine, ne constitue pas elle aussi un type à $n = 10$.

3. Le fait qui vient d'être rapporté est en accord avec la théorie soutenue surtout par Nordhagen, Dahl, A. et D. Löve, etc. tendant à voir dans les polyploïdes des formes adaptées à la vie dans les régions froides (boréales et alpines), individualisées surtout au cours des grandes glaciations, et ayant remplacé les types initiaux mal adaptés aux nouvelles conditions climatiques. Il est en effet possible d'admettre que pour *Androsace villosa*, la forme primitive n'a pu se maintenir que sur les hautes montagnes de l'Afrique du Nord, où les glaciations n'ont pas revêtu une intensité aussi considérable que sur les montagnes européennes.

D'ailleurs, autant qu'il a été possible de le constater au cours d'une enquête menée par l'un de nous sur les caractères caryologiques de diverses plantes du Grand Atlas, les polyploïdes sont rares dans la zone supérieure, les endémiques paléogènes ont en général un nombre de chromosomes faible, et, parmi les représentants de lignées eurasiatiques, nous n'avons rencontré que très peu de polyploïdes.

BOTANIQUE. — *Action du 2.4-dichlorophénoxyacétate de sodium sur les premiers stades du développement de* Sphagnum papillosum *Lindb.* Note (*) de Mme **Lucie Kofler**, transmise par M. René de Litardière.

On retrouve les phénomènes observés sur les gamétophores de *Funaria*, concernant ici non seulement les gamétophores mais aussi les lames protonémiques. Les rhizoïdes paraissent réagir à une forte concentration de 2.4-D.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Les résultats obtenus par Mlle Rousseau ([1]) sur des Hépatiques Marchantiales, et par nous-même ([2]) sur la Mousse *Funaria hygrometrica* montrent que le gamétophyte de ces vétégaux, traité par le 2.4-dichlorophénoxyacétate (*acide* libre *ou sel de sodium*), présente des anomalies de croissance. Toutefois, n'ayant pas mis en évidence de malformation dans le protonéma filamenteux de *Funaria*, nous nous sommes demandé comment le protonéma en lames d'une Sphaigne réagirait à la présence de 2.4-D dans le milieu de culture.

Nous avons cultivé aseptiquement *Sphagnum papillosum* à partir de ses spores, sur solution minérale gélosée à 15 g/l et additionnée de sel de sodium du 2.4-D aux concentrations suivantes : 0 (témoins), 10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}. Dans les conditions de ces expériences, les bourgeons sont apparus au bout de 7 à 8 semaines dans les cultures témoins et pour les faibles concentrations de 2.4-D (10^{-7}, 10^{-6}). Aucune anomalie n'a été constatée chez les Sphaignes cultivées en présence de 2.4-D à la concentration 10^{-7}.

Pour 10^{-6}, le protonéma est entièrement normal, sauf dans quelques cas où, localement, il forme d'assez nombreux rhizoïdes à partir du bord des lames. Les jeunes gamétophores sont parfois normaux, mais, le plus souvent, ils s'hypertrophient et se décolorent d'autant plus que l'hypertrophie est plus forte (*fig.* 1).

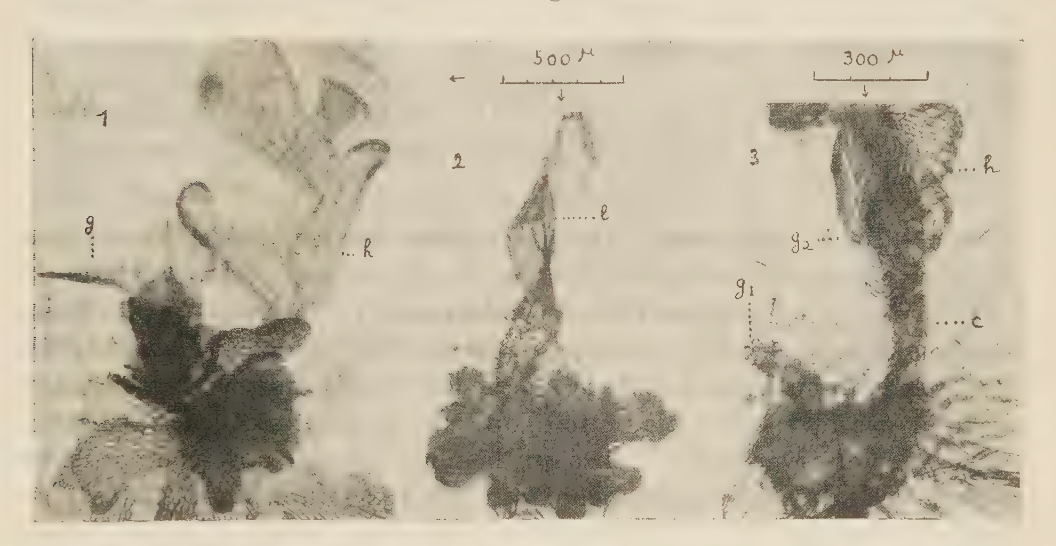
Pour 10^{-5}, l'aspect des jeunes lames protonémiques n'est d'abord pas affecté. Mais la croissance apparaît bientôt notablement retardée (surface environ 4 fois plus petite que les témoins, au bout de 4 semaines). Enfin, au bout d'un certain temps, certaines lames dressées se creusent en cuiller et se tordent, tout en se décolorant plus ou moins (*fig.* 2). De plus, au bord de ces lames et surtout au bord des lames normales, les cellules méristématiques deviennent bombées et subissent quelques cloisonnements dans des directions quelconques, de sorte que le bord apparaît ourlé d'un petit bourrelet de cellules isodiamétriques. Un grand nombre d'entre elles émet des rhizoïdes d'aspect normal. La croissance des bourgeons, dont les ébauches sont difficiles à distinguer des cellules des bourrelets, aboutit d'abord à la formation de colonnettes de cellules isodiamétriques portant des rhizoïdes (même phénomène que chez *Funaria*). Puis le point végétatif produit une tige et des ébauches de feuilles dont les cellules ne tardent pas à s'hypertrophier. Au bout de chaque colonnette se trouve donc une tige feuillée très déformée et décolorée, à longs entre-nœuds et à petites feuilles formées d'un nombre réduit de grosses cellules (*fig.* 3). Certaines parties montrent une différenciation bien nette : les hyalocystes des feuilles

---

([1]) *Voir* en particulier : *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 749. *Rev. bryol. et lich.*, 21, 1952, p. 239; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 100, 1953, p. 179.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1958; 237, 1953, p. 1958.

y possèdent pores et fibrilles, le hyaloderme de la tige est très distinct, avec hyalocystes rarement fibrillés. Suivant les cas, le point végétatif, hypertrophié et décoloré, cesse de fonctionner, ou bien il reste vert, avec des cellules normales qui continuent à se diviser; 10 semaines après la mise en culture, ces gamétophores peuvent dépasser 1 cm et sont 5 ou 6 fois plus longs que les témoins de même âge.



Cultures de 2 mois 1/2. Fig. 1 : 10^{-6}; g = gamétophore normal : h = gamétophore hypertrophié. — Fig. 2 : 10^{-5}; l = lame hypertrophiée. — Fig. 3 : 10^{-5}; fragment de protonéma avec un jeune gamétophore g^1 et un gamétophore plus évolué g^2 dont on voit une partie; c = base en colonnette h = tige feuillée hypertrophiée.

Pour 10^{-4}, le protonéma est modifié dès le début. Sa croissance, très lente, mène à la formation d'une petite masse muriforme hérissée de rhizoïdes. Ceux-ci atteignent une moins grande longueur que dans les autres cultures. Leur aspect est parfois normal, mais, dans d'autres cas, leur trajet est sinueux et ils ont des cellules plus courtes. Ils peuvent former de nouvelles petites masses de cellules, de même que, dans les autres cultures, ils peuvent former de nouvelles lames.

Reportés sur milieu témoin liquide, les protonémas à bourrelets et les protonémas muriformes, obtenus respectivement avec les concentrations 10^{-5} et 10^{-4} de 2.4-D, donnent de nombreuses lames normales aux dépens des cellules isodiamétriques.

Il résulte de ceci que les lames protonémiques et les gamétophores présentent les mêmes genres de réaction : lente multiplication de cellules méristématiques sans élongation ultérieure et avec production fréquente de rhizoïdes; hypertrophie et décoloration plus ou moins fortes et brutales, affectant généralement des cellules ayant subi un commencement de croissance normale. La sensibilité est toutefois moindre ou plus tardive

pour les lames protonémiques que pour les gamétophores. Quant aux rhizoïdes, leur croissance ne paraît troublée que pour de fortes teneurs du milieu en 2.4-D.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Inhibition de la croissance des propagules de* Marchantia polymorpha *L. par la coumarine.* Note (*) de Mlle **Jacqueline Rousseau**, présentée par M. Roger Heim.

La coumarine aux concentrations voisines de 10^{-4} inhibe la croissance des propagules de *Marchantia polymorpha* L. Elle provoque le gigantisme des initiales. Elle est sans action à l'obscurité.

L'action de la coumarine a été très étudiée sur les plantes vasculaires. Elle inhibe la germination des graines [L. J. Audus (1), H. Veldstra (2) et M. Evenari (3)] et cause l'arrêt des mitoses [I. Cornman (4)]. Certains auteurs ont tendance à rapprocher l'action de la coumarine de celle des hétéroauxines, soit parce qu'elle provoque les mêmes morphoses, soit parce qu'elle exerce la même action stimulante sur la croissance que les hétéroauxines. J. Van Overbeek (5) pense que le mode d'action de la coumarine est voisin de celui du 2.4-dichlorophénoxyacétate de sodium. L. J. Audus (6) a observé l'inhibition de la croissance longitudinale et la formation de racines latérales chez le pois traité par des solutions de coumarine de 30 à 100 pmn. M. Miller (7) a obtenu la prolifération du tissu palissadique en traitant des disques de feuille de *Chenopodium album* par des solutions de coumarine de 15 à 200 pmn. Enfin J. Lavollay et F. Laborey (8) ont trouvé que le traitement des graines d'orge (trempage) par des solutions de coumarine de concentration inférieure à 10^{-5} entraîne une stimulation de la croissance analogue à celle que produit l'acide indol-β acétique.

A notre connaissance, la coumarine n'ayant pas été expérimentée sur les Bryophytes il nous a paru intéressant de suivre son comportement sur ces végétaux peu différenciés. Nous nous sommes d'abord adressée

(*) Séance du 3 novembre 1954.

(1) *Nature*, London, 158, 1946, p. 419.

(2) *Enzymologia*, 21, 1945, p. 373-380.

(3) M. Evenari, A. M. Mayer et A. Poljakoff-Mayber, VIIIe *Congrès Int. Bot.*, Paris, 12, 1954, p. 173-174.

(4) *J. Exp. Biol.*, 23, 1947, p. 292-297.

(5) J. Van Overbeek, *Plant growth regulators*, éd. H. B. Tukey, J. Wiley and Sons, New-York (sous presse).

(6) *New. Phyt.*, 47, 1948, p. 196-219.

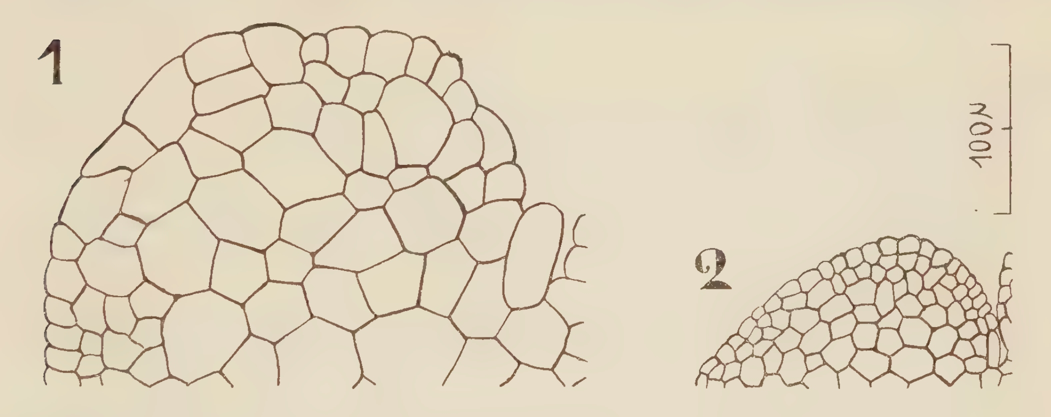
(7) *Plant. Physio.*, 26, 1951, p. 631-634.

(8) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2438.

aux propagules de *Marchantia polymorpha.* En effet, ayant déjà étudié l'action des hétéroauxines sur ces propagules (9), (10) et (11), il nous sera facile de comparer l'action des hétéroauxines à celle de la coumarine dans ce cas particulier. Nous avons opéré en utilisant la coumarine de deux manières, en solution dans le milieu de culture et en trempage, de façon à se rapprocher des conditions d'expérimentation réalisées par les auteurs précédemment cités. Dans les deux cas nous avons effectué une série d'expériences à la lumière et une autre à l'obscurité.

Première méthode (coumarine en solution dans le milieu de culture). — Les cultures ont été faites dans des boîtes de Pétri sur des milieux additionnés de coumarine aux concentrations variant de 2.10^{-4} à 10^{-5}, en réservant pour témoins des milieux de culture sans coumarine.

A la lumière, à la concentration de 10^{-4}, l'inhibition de la croissance est complète. Deux à trois jours après le début des expériences les cellules de la zone des initiales brunissent. Vers le sixième jour ces cellules augmentent de taille. L'agrandissement est isodiamétrique, il s'étend à toutes les cellules de cette zone (cellules bordantes, cellules à oléocorps).



Propagules de *Marchantia polymorpha* L. âgés de 15 jours, cultivés sur des milieux additionnés de coumarine à 10^{-4}. 1, à la lumière; 2, à l'obscurité.

Le nombre de cellules frappées de gigantisme varie avec la concentration. Il est de 5 à 7 cellules à 2.10^{-4} pour atteindre 30 à 50 cellules à $0,5.10^{-4}$. Le gigantisme n'intéresse pas forcément les deux points végétatifs du propagule. Parfois même un seul côté du propagule dégénère sous l'action de la coumarine (*fig.* 1).

A l'obscurité, la coumarine paraît, dans les conditions où nous avons expérimenté, ne pas avoir d'action sur les propagules (*fig.* 2).

Deuxième méthode (coumarine en trempage). — Les propagules ont été

(9) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 675.
(10) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 749.
(11) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2111.

mis à tremper pendant des durées variant de 24 h à 8 jours dans des solutions de coumarine allant de 2.10^{-4} à 10^{-3}. Une fois sortis du bain, les propagules étaient soigneusement lavés et transportés sur un milieu nutritif sans coumarine.

Les seules concentrations actives sont celles comprises entre 2.10^{-4} et 10^{-4}. L'influence ne se fait sentir qu'au bout de 4 à 5 jours de trempage. Comme précédemment les cellules de la zone des initiales brunissent et sont atteintes de gigantisme.

L'action de la coumarine tout en étant analogue à l'inhibition de la croissance produite par les hétéroauxines n'atteint pas la même ampleur à concentration égale. Ici l'élongation des cellules est isodiamétrique alors qu'avec les hétéroauxines elle est polarisée (étirement des propagules traités par l'acide α-naphtalène acétique, forme cruciforme de ceux traités par le 2.4-dichlorophénoxyacétate de sodium).

Il apparaît que la coumarine agit différemment à l'obscurité sur les plantes supérieures et sur les Hépatiques. Remarquons toutefois que, dans le cas des Hépatiques, nous avons agi sur la phase à n chromosomes.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur l'extension progressive de l'*Insula *cérébrale, des Singes inférieurs aux Anthropoïdes et des Anthropoïdes à l'Homme.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Toutes les Primates (le *Chiromys* excepté) et beaucoup d'autres Mammifères présentent une région du *Pallium* télencéphalique enfoncée en profondeur : l'*Insula* ou île de Reil.

1. Des recherches récentes sur le développement cérébral des Singes inférieurs de l'Ancien Monde ([1]) m'ont permis d'interpréter, ici même ([2]), l'*Insula* de ces Primates. J'ai mis en évidence que, chez eux, cette région, limitée, vers le haut, par la *Suprasylvia* (comme chez l'Homme), s'étend, en largeur, de la partie antérieure de la *Suprasylvia*, à la *Pseudosylvia*, correspondant ainsi à la région antérieure du Territoire Central. Le sillon Central de l'*Insula*, qui s'indique tardivement, au cours de la vie fœtale, n'est qu'un sillon radiaire de complication.

2. Le développement du cerveau humain ([3]) montre que le sillon central de l'*Insula*, très précoce, n'a pas la même signification que celui des Singes inférieurs : il correspond à la *Pseudosylvia* et divise l'*Insula* en deux parties,

---

([1]) M. Friant, *Ann. Soc. roy. zool. Belgique*, 84, 1953, p. 39; *Eight Pacific Science Congress.*, 16-28 novembre 1953, p. 547.

([2]) M. Friant, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1334.

([3]) M. Friant, *Anatomie comparée du Cerveau*, Paris, Prisma, 1947, p. 27 et suiv., pl. 28 et suiv.

classiques en Anatomie humaine : l'*Insula antérieure* et l'*Insula postérieure*. Dans son ensemble, l'*Insula* est beaucoup plus étendue que celle des Singes inférieurs, comportant outre la partie antérieure du Territoire Central (comme ces Singes), vers l'avant : le *Gyrus reuniens* en entier ; vers l'arrière : la partie postérieure du Territoire Central, sauf sa région toute postérieure, qui forme la première circonvolution temporale exposée.

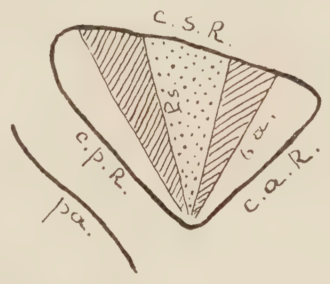


Schéma de l'*Insula humaine*, du côté droit, avec l'indication, à son intérieur, de l'étendue beaucoup moindre de l'*Insula* : 1° chez les *Singes inférieurs* (en pointillé); 2° chez les *Anthropoïdes* (en pointillé et en hachures). — b. a., *Brevis anterior* : c. s. R., Circulaire antérieur de Reil (*Præsylvia*); c. p. R., Circulaire postérieur de Reil : c. s. R., Circulaire supérieur de Reil (*Suprasylvia pro parte*); p. a., Parallèle (*Postsylvia*, partie inférieure); Ps., sillon Central de l'*Insula* humaine (*Pseudosylvia*).

3. Sur le développement cérébral des Anthropoïdes, nous avons peu de données. Toutefois, les travaux de F. Marchand (1893) ont montré que leur *Insula antérieure* s'étend moins loin, vers l'avant, que celle de l'Homme; la région antérieure du *Gyrus reuniens* (située entre le *Brevis anterior* et la *Præsylvia* = Circulaire antérieur de Reil), insulée chez l'Homme, demeure superficielle chez les Anthropoïdes : c'est l'*Insula antérieure de Marchand*.

Le sillon Central, comme chez l'Homme, correspond à la *Pseudosylvia ;* quant à l'*Insula postérieure*, plus étroite, elle ne comporte pas de sillon Longitudinal, *sulcus* constant, au contraire, en Anatomie humaine.

En somme, plus étendue que celle des Singes inférieurs, vers l'avant et vers l'arrière, l'*Insula* des Antropoïdes n'atteint pas, cependant, les limites de l'*Insula* de l'Homme.

Conclusions. — Cet exposé rapide met en évidence des faits nouveaux et importants en Anatomie comparée cérébrale :

1° La limite supérieure de l'*Insula*, aussi bien chez les Singes que chez l'Homme, est formée, au moins en partie, par la *Suprasylvia* (disposition bien connue, jusqu'ici, chez les Anthropoïdes et l'Homme, seulement).

2° Au niveau de l'*Insula*, le sillon Central, chez les Singes inférieurs, les sillons-limite antérieur et postérieur, chez tous les Singes, n'ont pas la même signification que les sillons correspondants de l'Homme.

3° L'*insula* s'étend progressivement, vers l'avant et vers l'arrière, des Singes inférieurs aux Anthropoïdes et des Anthropoïdes à l'Homme.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'origine du surcroît de dépenses qu'entraîne l'alimentation chez le Lapin.* Note de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, présentée par M. André Mayer.

Nous avons montré antérieurement que chez le Lapin, l'alimentation déclenche une augmentation des échanges de 24 h qui dépassent alors d'environ 30 % ceux de l'animal à jeûn ([1]). Parmi les interventions hormonales possibles, nous avons pu retenir celles de l'insuline ([2]), de l'adrénaline ([3]) et des hormones corticales ([4]), toutefois les augmentations d'échanges que produisent ces hormones sont d'intensité beaucoup plus faible que celles constatées chez un animal qui mange, et, si l'association de l'insuline et de l'adrénaline ([5]) se montre beaucoup plus efficace que chacune des hormones utilisées isolément, il n'en reste pas moins que le déterminisme physiologique du phénomène étudié doit englober d'autres facteurs, sans doute nerveux.

Nous voudrions ici aborder un autre aspect du phénomène, celui des transformations métaboliques qui se déroulent pendant la surproduction de chaleur et qui doivent en être la cause. Nous remarquerons :

1° Que la surproduction de chaleur qui suit l'alimentation n'est pas répartie également dans le cours des 24 h, atteint à certaines heures 60 %, se produit en un temps d'autant plus court que l'animal a ingéré sa ration quotidienne en moins de temps, et se situe surtout dans les heures qui suivent cette ingestion.

2° Le surcroît de dépenses énergétiques de l'animal montre une certaine liaison entre la quantité d'aliments ingérés et l'importance de l'augmentation des échanges ([2]).

3° La nourriture du Lapin est presque exclusivement glucidique et la digestion, quand elle porte en peu de temps sur la totalité de la ration journalière, peut déverser dans l'organisme des quantités de sucre qui sont de l'ordre de 20 g/kg-animal. La totalité de ce sucre ne peut pas être mise en réserve, car le foie stocke au maximum 4 g de glycogène par kilogramme-animal ([6]) et les muscles 1 à 2 g. Même si une partie du glucose est brûlée directement, il en reste une quantité importante qui doit être mise en réserve, et l'est probablement après conversion en graisses. Cette conversion exigeant une réduction entraîne une dépense énergétique importante, et il y a tout lieu de penser que

---

(1) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 465; *J. Physiol.*, 44, 1952, p. 115.

(2) T. Cahn et J. Houget, *J. Physiol.*, 45, 1953, p. 429.

(3) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2556.

(4) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 100.

(5) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 310.

(6) L. Chevillard et A. Mayer, *Ann. Physiol.*, 15, 1939, p. 282.

c'est dans ce phénomène de conversion que se trouve la cause du surcroît de dépenses qui suit l'alimentation chez le Lapin.

Cette hypothèse est appuyée par deux ordres de faits : 1° le quotient respiratoire est toujours beaucoup plus élevé et dépasse même notablement l'unité dans les heures qui suivent l'ingestion rapide de la ration, démontrant ainsi que l'organisme dans cette période effectue des synthèses de lipides ([7]); 2° lorsqu'on alimente un lapin en lui faisant ingérer uniquement de l'huile d'olive, en quantité largement suffisante pour couvrir ses dépenses, on ne constate pas l'augmentation importante des échanges que déclenche son alimentation ordinaire.

En conclusion, l'ensemble des faits rapportés permet de penser qu'après la prise de nourriture le Lapin doit transformer une quantité importante de glucides en lipides ([8]), qui peuvent d'ailleurs être brûlés très rapidement.

C'est le coût énergétique de la transformation sucre → graisses qui doit être la source du surcroît de dépenses qu'entraîne l'alimentation dans cette espèce, la réalisation de ces transformations métaboliques se faisant en partie sous l'impulsion des sécrétions hormonales dont nous avons montré l'action antérieurement. On peut ainsi expliquer les importantes différences de production caloriques de 24 h entre le Lapin jeûneur et alimenté. Il est probable que ce même surcroît de dépenses non compensé au cours du nycthémère s'observe dans d'autres espèces et plus particulièrement chez les Herbivores. Il semble que les différences de production caloriques de 24 h sont beaucoup moins importantes entre l'Homme jeûneur et alimenté ([9]) et l'on retire la même impression de nombre d'expériences de Rubner sur le Chien ([10]). Ceci fait penser que l'énergie libérée au cours des processus qu'exige l'intégration des aliments est dans certaines espèces (Homme, Chien) partiellement utilisable pour les travaux physiologiques normaux à la neutralité thermique et qu'elle ne le serait pas, ou pour une part beaucoup plus faible, chez d'autres, ce qui rend compte de l'extrême variabilité des valeurs données pour l'action dynamique spécifique.

([7]) J. Tepperman, J. R. Brobeck et C. N. H. Long, *Amer. Journ. Physiol.*, 133, 1941, p. 468; *loc. cit.* (1) et (2).

([8]) Nous avons essayé de réduire les synthèses de graisses chez l'animal alimenté en réalisant une « fuite » d'hydrates de carbone par intoxication à la phlorizine; même avec des doses de 1 g/kg le glucose urinaire est au plus de 2,5 g/kg ce qui ne réduit pas notablement l'excès de sucre qui doit être obligatoirement transformé en graisses; nous n'avons alors constaté aucune diminution des échanges.

([9]) F. C. Benedict, *Carneg. Institut.*, 1907, n° 77; F. C. Benedict et T. M. Carpenter, *Carneg. Institut.* 1918, n° 261.

([10]) M. Rubner, *Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung*, 1902, Leipzig.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Généralités sur les besoins nutritifs des cultures d'organes embryonnaires en milieux synthétiques.* Note de M[lle] **Madeleine Kieny**, M[mes] **Katy Stenger-Haffen** et **Émilienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré que des milieux synthétiques complexes étaient capables d'entretenir la vie, la croissance et la différenciation des gonades, des syrinx et des tibias de l'embryon de poulet ([1]). Ces milieux étaient constitués d'un grand nombre d'acides aminés, de glucose, de sels minéraux, éventuellement d'un mélange de vitamines. Nous avons tenté de préciser quels sont les acides aminés essentiels ou simplement favorables; d'autre part nous avons recherché si le glucose peut être remplacé par d'autres glucides.

Nous avons pris pour tests la durée de survie des trois organes, la croissance des tibias, la différenciation des gonades et des syrinx. Les trois organes ont montré des besoins communs et des besoins différentiels. Ce sont les besoins communs que nous étudions ici.

Témoins. — En l'absence d'acides aminés, une solution physiologique contenant du glucose permet une survie de 2 à 3 jours au plus. En l'absence de glucose, les milieux contenant des acides aminés n'entretiennent en aucun cas la vie des organes.

Les besoins communs en acides amines. — Dans toutes les expériences, nous avons employé comme substratum la solution de Tyrode gélifiée par de l'agar. Les acides aminés des milieux complexes ont été éprouvés un à un. Nous avons d'abord fabriqué des milieux contenant un acide aminé, puis nous avons ajouté successivement un ou plusieurs acides aminés aux précédents, sélectionnant systématiquement ceux qui améliorent les milieux.

Les trois organes ne peuvent survivre en l'absence d'un acide aminé sulfhydrilé : le plus favorable est la *cystéine* dans le cas des gonades et des syrinx ([2]), la *méthionine* ou le *glutathion* dans le cas des tibias. La cystéine permet à elle seule la survie et une certaine différenciation des gonades et des syrinx, la méthionine, tout en permettant la survie, ne suffit pas à assurer la croissance des tibias.

Ajoutés à la *cystéine*, les acides aminés suivants nous ont permis de constituer un milieu de base, favorable aux trois catégories d'explants : *arginine, méthionine, histidine, lysine.* Dans le cas du tibia, l'histidine n'est favorable qu'en présence d'*acide glutamique.*

([1]) E. Wolff, K. Haffen, M. Kieny et E. Wolff, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 137; *J. Embr. exp. Morph.*, 1, 1953, p. 55, 84.

([2]) K. Haffen et E. Wolff, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 754.

Le milieu de base, ainsi défini, est amélioré par l'addition de l'un ou l'autre des composés suivants : *ornithine*, *thréonine*, *asparagine*, *hydroxyproline*. La *tyrosine* et la *sérine* sont très favorables aux deux organes qui contiennent des cartilages : syrinx et tibia. Certains amino-acides n'ont aucun effet, lorsqu'ils sont ajoutés au milieu de base.

D'autres acides aminés se montrent spécifiquement favorables à l'un ou l'autre des trois organes. Ils seront étudiés dans des publications ultérieures. Par exemple, l'acide para-aminobenzoïque est indispensable, ainsi que l'une de nous l'a montré, à la croissance des tibias ([3]), et doit être ajouté, dans ce cas particulier, aux milieux précédemment définis. Il est à remarquer que certains acides aminés n'agissent qu'en synergie avec d'autres, que, par contre, l'addition de deux ou plusieurs acides aminés favorables peut se révéler inefficace ou même nuisible.

Essais de remplacement du glucose par d'autres glucides. — Certains organes se sont montrés plus tolérants que d'autres vis-à-vis des glucides de substitution. Ainsi les gonades s'accommodent, mieux que les tibias ou les syrinx, de certains diholosides, ou de certains pentoses. Mais le seul sucre qui puisse suppléer efficacement le glucose pour les trois organes est un hexose, le mannose. Le galactose est encore capable d'assurer une survie de 5 à 7 jours aux gonades et aux syrinx, non aux tibias.

Conclusions. — En résumé, nous arrivons à la définition d'un milieu minimum, commun aux trois catégories d'organes, dans lequel figurent un acide amine sulfhydrilé (cystéine ou méthionine) comme composant indispensable, quelques acides aminés, tels l'arginine, l'histidine, la lysine, la méthionine, éventuellement l'acide glutamique, comme aliments essentiels, des composés comme l'ornithine, la thréonine, l'asparagine, l'hydroxyproline comme constituants favorables, mais pouvant se substituer l'un à l'autre.

Parmi les sucres qui ont été éprouvés jusqu'à ce jour, seul le mannose peut se substituer pour entretenir les cultures des trois catégories d'explants.

ANTHROPOLOGIE. — *De l'utilisation de l'indice calvario-cérébral de Manouvrier.* Note de Mme **Jeanne Leschi**, présentée par M. Léon Binet.

L'étude du développement du système osseux crânien par rapport à la capacité cranienne et au développement de l'encéphale a amené Manouvrier ([1]) à établir l'indice calvario-cérébral devenu classique :

$$I = \frac{\text{Poids du calvarium} \times 100}{\text{Capacité crânienne}}.$$

([3]) M. Kieny, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1920.

([1]) *Bull. Soc. Zool.*, 7, 1882, p. 113-229.

cet indice pouvant être, d'après l'auteur, considéré comme un caractère « sériaire et hiérarchique » et « fonction du degré de l'évolution humaine ». En effet, le poids du système osseux du crâne par rapport à la capacité peut donner une idée du développement relatif du système nerveux central. Cet indice est plus faible chez la femme que chez l'homme, le système osseux étant chez ce dernier relativement plus lourd et plus développé. Chez les types raciaux, l'indice de Manouvrier est plus faible chez les Blancs et les Jaunes que chez les Noirs ([1]), ([2]), ([3]). Sur une série de crânes de Dogons, Noirs soudanais (Mission Griaule-Diéterlen), nous obtenons des résultats comparables à ceux des Blancs mais où persistent les différences sexuelles.

$$\text{Femmes } (n = 40) : \quad I = 35,90 \pm 0,87;$$
$$\text{Hommes } (n = 62) : \quad I = 41,86 \pm 0,71.$$

Ces Noirs ont une capacité inférieure à celle des Blancs. Étant donné cette capacité, si le système osseux était aussi dense, l'indice devrait être plus élevé. Or, on sait que les os sont plus légers et les crêtes osseuses moins marquées chez les Noirs que chez les Blancs.

Le rôle de la capacité crânienne nous permet de préciser l'utilisation de l'indice calvario-cérébral qui paraît parfois difficile à interpréter ([1]) et ([4]). En effet, cet indice établit le rapport entre un volume et le poids de son enveloppe. Bien que les unités paraissent « comparables », la capacité cranienne varie comme un volume, alors que l'enveloppe crânienne et son poids varient, *grosso modo*, comme une surface.

Si, par exemple, nous prenons des volumes sphériques dont l'enveloppe est de même densité et de même épaisseur, et le rayon de 3, 4, 7, 8 cm, le rapport (Poids enveloppe/Volume) sera de 1, 0,75, 0,425 et 0,374 pour la simple raison que $V/S = R/3$. De ce fait, plus un crâne sera grand, plus l'indice sera faible, à densité osseuse égale. Nous ne voulons certes pas établir une analogie entre le crâne humain et une sphère, mais nous pensons que le développement de la surface osseuse par rapport à la capacité, compte tenu de la morphologie particulière du crâne, évolue comme une surface et ne peut être comparée directement au volume si on ne tient compte de ce volume. Pour des raisons géométriques élémentaires, l'indice calvario-cérébral est très variable.

Dans les cas de crânes adultes humains peu différents, cet indice peut être utilisable et ses valeurs facilement interprétables. Chez les femmes, l'ossature osseuse plus frêle que chez les hommes donne un indice plus

---

([2]) R. Martin, *Lehrbuch der Anthropologie*, Iéna, G. Fischer, 1928.

([3]) M. Pelletier, *Bull. et Mém. Soc. d'Anthr. de Paris*, 1, 5e série, 1900, p. 515-531.

([4]) G.-Paul Boncour, *Anthropologie anatomique*, Paris, Doin, 1912.

faible que chez ces derniers et ceci avec une capacité plus faible. Mais dans certains cas, l'utilisation de cet indice est sujet à révision et ne permet pas de conclusion générale.

Manouvrier ([1]), étudiant des Anthropoïdes et des Microcéphales, trouve pour les deux des indices plus élevés que pour des séries de crânes adultes humains normaux : 46,3 à 72 chez les Microcéphales, 98,6 chez un Orang femelle, 132 chez le Gorille femelle, 134,2 et 179,7 chez le Gorille mâle. Ces nombres élevés n'ont pas le même sens dans les deux cas. Alors que les valeurs obtenues pour les Microcéphales sont, contre l'apparence, du même ordre que ce qu'on trouve chez l'Homme normal, les valeurs obtenues pour les Anthropoïdes sont « réellement » plus élevées. En effet, si nous prenons une sphère creuse de 4 cm de rayon ayant une capacité de 268 cm^3, son enveloppe de 1 cm d'épaisseur et de 1 g/cm^3 pèsera environ 201 g. L'indice sera de 75,0. Si la sphère a 8 cm de rayon, toutes choses égales par ailleurs, sa capacité sera de 1 437 cm^3, son poids de 616 g et son indice de 42,5. Étant donné les volumes crâniens des Microcéphales et des Anthropoïdes, on voit que les nombres élevés obtenus chez les premiers ne sont dus qu'à la petitesse de la capacité crânienne. Chez les deuxièmes, au contraire, ils sont réellement dus à l'épaisseur des os et au développement des crêtes osseuses, compte tenu du développement du maxillaire supérieur.

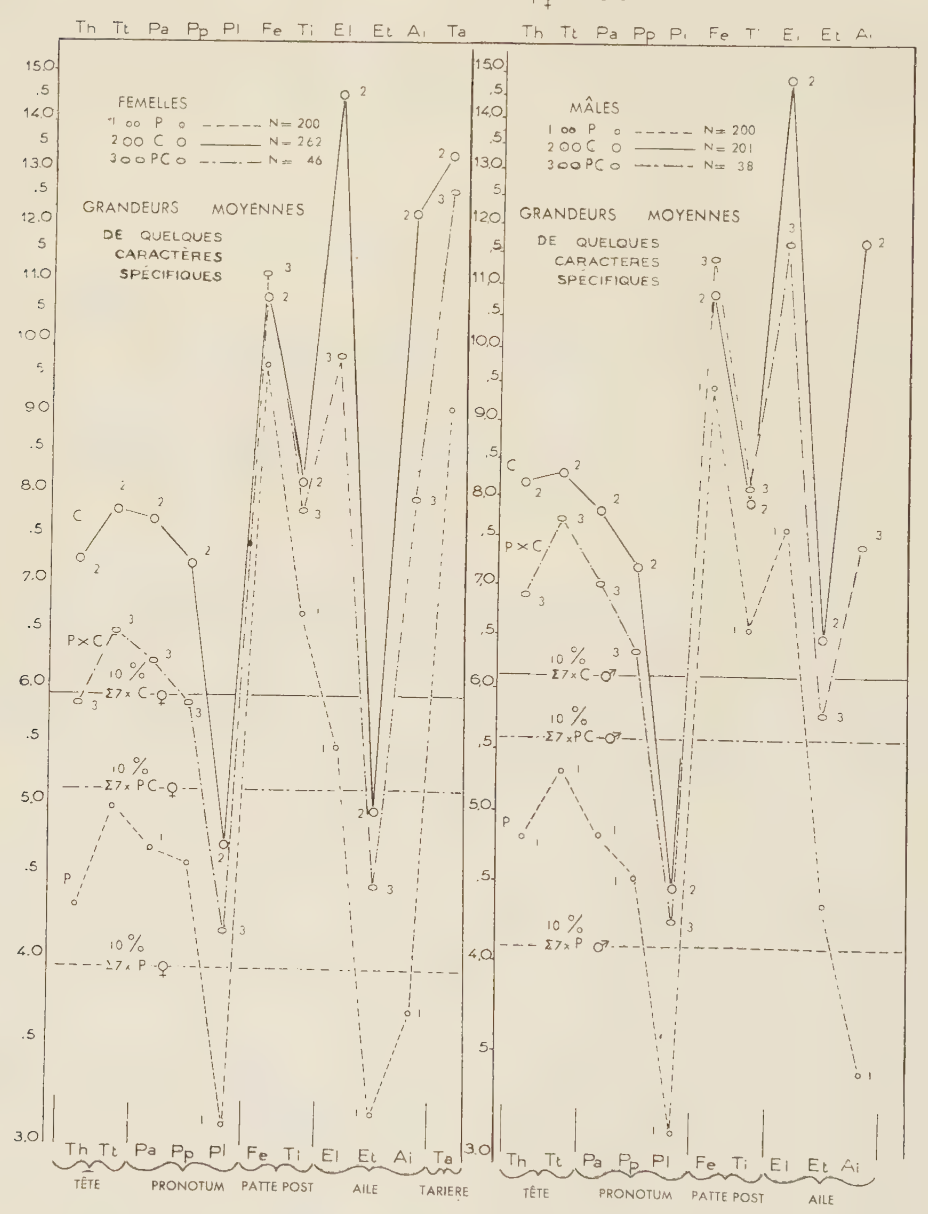
Anthropoïdes et Microcéphales ne peuvent donc être aussi délibérément rapprochés bien qu'ils aient tous deux un indice calvario-cérébral supérieur à celui de l'adulte humain normal. Pour des raisons géométriques élémentaires, l'indice calvario-cérébral varie. Ces variations géométriques indépendantes des variations biologiques réelles nous paraissent donc devoir être considérées avant d'établir des conclusions générales et de faire de cet indice un caractère « sériaire et hiérarchique ».

GÉNÉTIQUE. — *Sur la transmission de quelques caractéristiques spécifiques quantitatives dans le croisement des espèces* G. peruviensis *Sauss. et* G. campestris *L.* Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Gryllus peruviensis (P), grillon de montagne, provenant des environs de Jauja dans la Cordillère des Andes, à près de 3 500 m d'altitude s'hybride avec *G. campestris* (C), espèce de l'Ancien continent.

Ces deux espèces diffèrent : 1° par leur habitat, l'une étant de la faune sud-américaine; l'autre de celle de l'Eurasie; 2° par leur taille, *G. campestris* est, en moyenne, 1,5 fois plus grand que *G. peruviensis* (moyenne de la somme de sept caractères représentatifs de la taille; $\Sigma 7$ C ♂ de diverses souches : 60,91; 61,60; 60,58; C ♀ : 60,81; 59,54; 63,10; alors que pour

P ♂ Σ7 : 41,04 et P ♀ : 38,91 ; 3° par de nombreux caractères descriptifs, signalés par les diagnoses des catalogues de la systématique du groupe ;



4° par leurs types structuraux spécifiques. Indépendamment de la taille, les proportions respectives des diverses parties du corps sont différentes

dans chacune des espèces. La biométrie en donne une définition rationnelle précise.

Seule, l'hybridation ♀ P × ♂ C est possible, encore n'est-il que quelques expériences positives. De nombreux essais ont donné 46 ♀ et 38 ♂ (sexe hétérogamétique) arrivés au stade imaginal. Les anomalies sont fréquentes : dissymétries de la tête et de divers organes. Ces faits rapprochés de l'inconstance des éclosions, de l'irrégularité de la croissance et de l'impossible obtention des hybrides réciproques, sont l'indice d'une organogénèse laborieuse des combinaisons génétiques hybrides. Ces hybrides P × C ne donnent pas de F_2 ; cependant les femelles rétrocroisées avec les mâles P et C donnent quelque descendance.

Le diagramme ci-dessus représente les types structuraux de P, C et P × C des deux sexes. Établis d'après les valeurs moyennes des différents caractères spécifiques, ils montrent les différences de taille, les différences morphologiques essentielles et la parenté approximative de l'hybride.

Une droite représentant pour chaque groupe la position d'un caractère de référence homologue, représentatif de la taille (10 % de Σ 7) permet de transposer les valeurs moyennes des caractères en valeurs relatives et de compléter les comparaisons.

Comparée à C l'espèce P accuse les différences structurales suivantes : la tête est moins haute et plus large, elle est donc plus aplatie; le pronotum est un peu plus étroit en arrière et relativement plus long; les élytres sont moins longs, plus larges et les ailes plus petites par rapport aux élytres. Ces différences entre les deux espèces sont de même ordre dans les deux sexes, mais moins accentuées chez les femelles.

Quant aux hybrides P × C les valeurs moyennes des caractères, exprimées en valeurs absolues, montrent ces derniers proches de l'espèce C : (Σ 7 P×C; ♂ : 56,11 ; ♀ : 51,28). La croissance de l'hybride semble donc conditionnée par une influence patrocline.

Les valeurs moyennes des caractères rapportées à la taille montrent que les hybrides présentent un équilibre morphologique qui les situe généralement en position intermédiaire entre les espèces parentes. Quelques caractères manifestent de l'hétérosis : largeur de la tête et longueur du pronotum des mâles, longueur de l'oviscapte des femelles. A l'inverse, la largeur relative de l'élytres des mâles P × C est inférieure à celle des parents.

Les indices structuraux révèlent, dans les deux sexes, un type maternel dans la forme de la tête, dans celle du pronotum, dans la longueur relative des ailes et les femelles seules se rapprochent du type paternel quant aux proportions relatives des pattes postérieures, alors que celles des mâles sont de type maternel. La forme des élytres est intermédiaire entre celle des deux espèces parentes.

BIOLOGIE. — *Toxicité des tissus de* Holothuria tubulosa, *de* H. polii *et de* H. impatiens, *pour quelques vertébrés.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Louis Fage.

Des broyats, de simples macératés ou des décoctions des viscères ou du tégument de *Holothuria tubulosa* Gm., de *H. polii* Delle Chiaje et de *H. impatiens* Forskal, tuent en quelques minutes 8 espèces de Téléostéens marins, *Carassius auratus* L, *Lebistes reticulatus* Peters ou *Rana temporaria* L. Le facteur toxique est un hémolytique puissant, d'action promptement irréversible *in vivo* et immédiate *in vitro*.

Zahl (1), de Bimini (Iles Bahamas) a observé que parmi les tissus appartenant à 50 genres, expérimentés pour leur toxicité ou leur pouvoir d'inhiber la croissance des tumeurs, les tissus macérés dans l'eau de l'Holothurie *Actinopyga agassizi* Selenka étaient de beaucoup les plus toxiques; d'après Nigrelli (2) les tubes de Cuvier de cette espèce, contiennent un facteur hydrosoluble, thermostable, très toxique pour la Souris, des Poissons, des Amphibiens (holothurine). Ce facteur, à la dilution de 1 000 000e tue à 30° C le *Cyprinodon baconi* en 23 mn et le *Carapus bermudensis* (?), hôte habituel du cloaque de *Actinopyga agassizi*, meurt en 8 mn dans une solution à 1 000; le mécanisme d'action est inconnu. L' « holothurine » inhibe la croissance du sarcome 180 de la Souris et celle de certains Protozoaires en culture pure, à 25° C (*Tetrahymena pyriformis*, *Ochromonas malhamensis* et *Euglena gracilis*).

Il m'a paru intéressant de rechercher une toxicité éventuelle des Holothuries méditerranéennes : *Holothuria tubulosa*, *H. polii*, classiquement dépourvues de tubes de Cuvier [Kœhler (3)], et de *H. impatiens*. Grâce à M. Tregouboff, j'ai pu observer que des tissus macérés, des décoctions ou de simples broyats des Holothuries draguées dans la baie de Villefranche-sur-Mer, sont extrêmement toxiques pour les petits poissons, capturés à la nasse, dans la même baie. Tous les essais ont été faits à la température du laboratoire (18-20° C).

Les broyats de la paroi d'une *Holothuria polii*, de même que ceux de la masse viscérale, tuent rapidement des *Merolepis vulgaris* Cuv. et Val.; des poissons de cette espèce, d'un poids moyen de 7 g, placés en aquarium, dans 1 200 cm^3 d'eau de mer, meurent en 15 mn sous l'effet de l'addition du broyat du tégument et en 5 mn sous l'effet de l'addition du broyat de la masse viscérale; un fractionnement de cette dernière révèle que le sang et le liquide des organes arborescents d'une seule Holothurie, soit 50 cm^3, ajoutés à 800 cm^3 d'eau de mer, suffisent pour tuer des *Merolepis vulgaris*, d'un poids moyen de 19 g en 5 mn, tandis qu'un broyat des organes de Poli, de la gonade et du

(1) in *Proc. Soc. exp. Biol Med.*, 81, 1952, p. 379-380.
(2) *Zoologica*, 37, 1952, p. 89-90.
(3) *Faune de France*, *Échinodermes*, Paris, 1921, p. 173-178.

segment digestif adjacent les tue en 3 mn et qu'un broyat d'organes arborescents joints à l'intestin postérieur les tue en 2 mn.

Les divers essais qui ont été faits donnent l'impression que *Merolepis vulgaris*, *Serranellus cabrilla* et *Scorpæna porcus* sont particulièrement sensibles au facteur toxique contenu dans *H. tubulosa* et *H. polii*. Pour une quantité donnée d'un certain extrait, des *Crenilabrus roissali* Risso, de poids variant entre 28 et 36 g, sont tués en 12 à 14 mn, quand des *Serranellus scriba* de 19 g meurent en 13 mn. De tous les poissons expérimentés, c'est *Carassius auratus* et *Julis giofredi* qui sont les plus résistants; des lots de Girelles, d'un poids moyen de 8 g meurent en 24 mn, quand des *Gobius cruentatus* de même poids meurent en 8 mn. Pour une espèce et un extrait donnés, le poids a relativement peu d'influence sur la durée de survie : des *Julis* de 4 g meurent en 5 mn, quand des *Julis* de 12 g meurent en 8 mn et un *Gobius* de 5 g meurt en 8 mn quand un *Gobius* de 60 g meurt en 13 mn. L'importance des fentes buccales et operculaires semble conditionner, plus que le poids, la résistance à l'intoxication.

L'action du toxique est promptement irréversible : des *Julis* de 6 g sont tués en 11 mn par un extrait donné; elles meurent également si on les soustrait à l'action du toxique au bout de 6 mn, mais survivent si cette action ne dure que 3 mn. Les tubes de Cuvier de *H. impatiens* sont beaucoup plus toxiques que n'importe lequel des tissus testés; sur des *Brama rayi* (Bloch), 3 g de tubes de Cuvier sont aussi toxiques que 5 cm^3 d'une décoction très concentrée de 6 *H. tubulosa*, d'environ 400 g chacune, ou qu'une décoction de 15 *H. impatiens* privées de leurs tubes de Cuvier.

L'intoxication se manifeste toujours de la même manière : le poisson accélère ses battements operculaires, s'agite, saute hors de l'eau, fait des mouvements de tonneau, puis gîte à 45° et meurt le ventre en l'air, la gueule large ouverte, les opercules et les arcs branchiaux au maximum d'extension, au moins quand la conformation de la tête le permet : il ne peut en être ainsi chez *Julis*, mais l'attitude de *Serranellus cabrilla* est, à cet égard, tout à fait étonnante.

Des têtards de *Rana*, de 0,5 g et des ♂ de *Lebistes reticulatus* sont tués en 2 à 3 mn par une décoction de *H. polii*. Le facteur toxique est certainement tensio-actif, car en se débattant les poissons font mousser l'eau; c'est aussi un antibiotique car aucun voile bactérien ou mycélien n'apparaît dans les extraits manipulés septiquement. Un extrait sec où des solutions diversement concentrées ne sont pas fluorescents en lumière ultraviolette, le facteur toxique ne semble donc pas apparenté aux « substances d'effroi » de von Frisch [4]. La recherche des actions histaminique ou acétylcholinique, due à M. Parrot, est restée négative, mais a montré une forte action toxique, non spécifique et

---

[4] *Z. vergl. Physiol.*, 29, 1941, p. 46-145.

irréversible sur l'iléon isolé de Cobaye. Le même extrait sec, lyse instantanément *in vitro* les hématies de Souris, lavées et mises en suspension dans du sérum physiologique. L'hémolyse est également nette *in vivo* : le sang cardiaque de *Rana temporaria* ou de *Carassius auratus* qui ont subi l'action de l'extrait d'holothurine, donne un plasma hémorragique après centrifugation.

En conclusion, les tissus de *H. tubulosa*, de *H. polii*, de *H. impatiens*, et davantage encore les tubes de Cuvier de cette dernière, contiennent un facteur hémolytique puissant, capable de tuer en moins d'une demi-heure tant *in vivo* que *in vitro*, les 11 Vertébrés inférieurs qui ont été soumis à son action.

BIOLOGIE MARINE. — *Mise en évidence d'une substance favorisant la métamorphose des larves d'*Alcyonium coralloïdes (*Von Koch*). Note de M. **André Bourdillon**, présentée par M. Louis Fage.

Alcyonium coralloïdes (Von Koch) (*Anthozoa*) se rencontre dans les fonds coralligènes, fixé sur certains substrats d'origine organique : axe corné de Gorgones, coquille de Pélécypodes (en particulier *Mytilus galloprovincialis* Lk.), plus rarement capsule ovulaire de Sélaciens et périsarc d'Hydroïdes. Il n'est pratiquement jamais fixé sur un substrat minéral. En vue de déterminer les conditions de métamorphose des larves, j'ai effectué pendant les mois de juin (période de reproduction de cet Alcyonaire) des années 1952, 1953, 1954, des expériences dont les résultats se résument ainsi :

Une certaine proportion des larves, très variable selon les lots étudiés, est susceptible de se fixer sur du verre, soit pour rester ainsi sans évoluer, soit pour se métamorphoser. Certaines larves, même, peuvent se métamorphoser sans fixation préalable. Mais la majorité des larves ne se métamorphose que sur certains substrats. Quelques larves, enfin, ne se métamorphosent jamais, même sur des substrats favorables. Donc :

a. Les deux phénomènes, fixation sur le substrat et métamorphose en oozoïte, ne sont pas étroitement liés et peuvent apparaître l'un sans l'autre;

b. Les larves présentent une certaine « aptitude à la métamorphose » très variable selon les individus. Celles pour lesquelles cette « aptitude » est forte, peuvent se métamorphoser sur des substrats peu favorables (verre). Celles pour lesquelles elle est faible (la majorité des larves) ne se métamorphosent que sur certains substrats. Quelques larves d' « aptitude » particulièrement faible n'arrivent pas à se métamorphoser, même sur des substrats favorables.

L'étude de l'influence sur la métamorphose d'un certain nombre de substrats se résume ainsi : substrat indifférent : calcaire, bois, liège, nylon,

tunique de *Ciona intestinalis* (L.) (*Ascidiacea*); substrat assez favorable : tunique de *Microcosmus sulcatus* Coquebert (*Ascidiacea*), capsule ovulaire de Roussette, nacre de *Mytilus galloprovincialis*; substrat nettement favorable : periostracum de *M. galloprovincialis*; substrat très favorable : axe corné des Gorgones.

L'influence de tels substrats n'implique pas un tropisme des larves particulier, ainsi que je l'ai constaté en comparant le nombre de larves arrivant sur des morceaux d'axe de Gorgone et sur des morceaux de verre, de forme et de taille identiques, placés dans le même cristallisoir.

L'existence d'une substance hydrosoluble, favorisant la fixation et la métamorphose des larves et contenue dans ces substrats, a été mise en évidence par trois séries d'expériences :

1° Du squelette axial de Gorgone, réduit en poudre, est agité dans de l'eau de mer pendant des intervalles de temps t variés mais assez courts (moins de 6 h). Le mélange est filtré. L'action du filtrat sur les larves est très variable. L'obtention de résultats positifs dépend surtout de la valeur du temps t.

2° Deux lots égaux de N larves sont placés dans deux cristallisoirs identiques, en verre, de surface S. Dans l'un d'eux (cristallisoir C) sont disposées des rondelles d'axe de Gorgone, de surface totale s, faible par rapport à S. Le cristallisoir C′ contient le lot témoin. Chaque jour sont relevés :

— dans le cristallisoir C, le nombre v de larves métamorphosées sur le verre et le nombre g de larves métamorphosées sur les rondelles d'axe de Gorgone;

— dans le cristallisoir C′, le nombre v' de larves métamorphosées (obligatoirement sur le verre). Je compare $M = v/(N - g)$ et $M' = v'/N$.

Plusieurs expériences de cet ordre (portant en tout sur 900 larves) ont montré que M est supérieur à M′ dans des proportions variant de 2 à 7, 20 ou l'infini (cas où $M' = 0$). En outre, les oozoïtes fixés sur le verre en C sont plus florissants que ceux fixés en C′.

3° Je fais macérer dans un cristallisoir A, rempli d'eau de mer, des morceaux d'axe de Gorgone, que j'enlève au bout de 40 h. Un lot de larves est placé alors dans ce cristallisoir, tandis que deux autres lots comparables sont placés, l'un dans un cristallisoir B contenant de l'eau de mer avec des rondelles d'axe de Gorgone, l'autre dans un cristallisoir C contenant seulement de l'eau de mer. Le nombre de métamorphoses (obligatoirement sur le verre) dans le cristallisoir A égale ou même dépasse le nombre total de métamorphoses (sur les morceaux d'axe de Gorgone et sur le verre) du cristallisoir B, alors que dans le cristallisoir C, le nombre de métamorphoses est plus de dix fois moindre.

Cette hypothèse de l'action sur la métamorphose des larves d'une

substance hydrosoluble est confirmée par la similitude de composition chimique des substrats favorisant cette métamorphose. Gorgonine, conchyoline et ovokératine (des Sélaciens) contiennent en proportions variables diverses protéines, apparentées à la tyrosine, dont l'une, la thyroxine, se trouve dans l'axe corné de certaines Gorgones (J. Roche, 1951).

Pour déterminer la nature exacte de la substance active, des lots de larves ont été mis en expérience dans des solutions à diverses concentrations de certaines de ces protéines (glycocolle, tyrosine, diiodotyrosine, thyroxine, cystine). Seule la diiodotyrosine a donné des résultats positifs, mais son action paraît trop faible en regard de celle obtenue avec des morceaux d'axe de Gorgone pour qu'on puisse la considérer comme seule substance active.

Des recherches ultérieures tendront à préciser la nature de la substance dont l'action a été mise en évidence au cours de ces expériences.

RADIOBIOLOGIE. — *Rôle de l'oxygène dans la radio-synthèse.* Note de M. **Jean Loiseleur** et Mlle **Liliane Catinot**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La radio-synthèse dépend de la présence et de la concentration de l'oxygène au cours même de l'irradiation.

Il a été montré précédemment ([1]) que les radio-peroxydes, formés par les rayonnements ionisants (R. X. et U. V.), peuvent agir spontanément sur d'autres molécules, en entraînant des condensations moléculaires et des synthèses. Ces dernières dépendent à la fois de la présence et de la concentration de l'oxygène au cours de l'irradiation.

Les expériences ont porté sur le noir d'aniline, le bleu de méthylène et le violet de Lauth. Pour ces derniers, le milieu irradié est constitué par un mélange à volume égal de $(NH_4)^2S$ (0,5 cm^3 dans 100 cm^3 d'eau) et d'une solution M/100 de diméthyl-*p*-phénylènediamine ou de *p*-phénylènediamine selon le cas. Cette solution est irradiée à pH = 7 dans les conditions exposées antérieurement ([2]), puis chauffée à 100° pendant 30 minutes. Ce chauffage est indispensable pour faire apparaître le colorant, ce qui distingue bien les deux étapes successives de la réaction : *a.* la formation primaire du radio-peroxyde au cours même de l'irradiation ; *b.* la réaction secondaire de ce radio-peroxyde avec une autre molécule. Ce schéma est confirmé par les expériences suivantes.

I. L'action de l'oxygène est mise en évidence en opérant avec — ou sans — barbotage d'air (Tableau I) :

([1]) A. Lacassagne et J. Loiseleur, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 417.

([2]) J. Loiseleur, *Annales Institut Pasteur*, 86, 1954, p. 262.

Tableau I.

Synthèse du violet de Lauth par les rayons ultraviolet
(duré d'irradiation 15 mn).

	Violet de Lauth radio-formé.
Irradiation avec barbotage d'air.............	431,2 mg pour 1 000 cm^3
» sans »	80 » »

2. Au lieu de traiter le mélange précédent, on peut irradier séparément la molécule organique et introduire le sulfhydrate après l'irradiation. On constate encore la formation du colorant mais en quantité plus faible, cette différence pouvant être attribuée à l'instabilité du radio-peroxyde (tableau II).

Tableau II.

Synthèse du violet de Lauth par les rayons ultraviolet
(avec barbotage d'air, durée d'irradiation 30 mn).

	Violet de Lauth radio-formé.
[*p*-phénylènediamine + $(NH_4)^2S$] irradiés ensemble......	650 mg pour 1 000 cm^3
[*p*-phénylènediamine irradiée seule] + $(NH_4)^2S$.........	306 » »
p-phénylènediamine non irradiée + $(NH_4)^2S$............	0 » »

3. L'action de l'oxygène dans les radio-sythèses peut encore être mise en évidence en considérant le rendement ou, plus exactement, le coefficient de radio-synthèse.

Le tableau III montre que le coefficient de radio-synthèse est proportionnel au rapport (oxygène radio-activé/molécule à oxyder), c'est-à-dire que la radio-synthèse est plus importante quand la même quantité d'oxygène radio-activé agit sur une concentration de plus en plus faible de molécules à oxyder. Il est intéressant de constater que l'ordre de grandeur de ce coefficient de radio-synthèse reste le même pour les rayons X et pour les rayons ultraviolets, ce qui établit l'identité du mode d'action de ces deux agents.

Tableau III.

Variation du coefficient de radio-synthèse du bleu de méthylène [1]
(à pH = 7 et avec un barbotage d'air constant).

Concentration en diméthyl-*p*-phényldiam. (g ‰).	Coefficient de radio-synthèse	
	avec les U. V.	avec les R. X.
17............................	1,97	2,71
12,75.........................	–	2,86
8,5...........................		3,47
4,25..........................	3,92	5,03
2,12..........................	–	7,84
1,06..........................	–	11,41
0,85..........................	11,98	-
0,53..........................	–	20,06
0,17..........................	13,66	-

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des produits d'oxydation des lipides sur l'action de la lipase pancréatique.* Note de M. **Armand Hérisset**, présentée par M. Maurice Javillier.

Parmi les enzymes lipolytiques, la *lipase pancréatique* a été l'un des mieux étudiés et l'on sait notamment qu' « elle est paralysée par les oxydants et inactivée par les aldéydes et cétones » ([1]). D'autre part, l'auto-oxydation des lipides fait apparaître des peroxydes et conduit à la formation de corps à fonctions aldéhydiques et cétoniques. J'ai donc été amené à penser que les composés résultant de ce processus étaient susceptibles de modifier l'action de la lipase pancréatique ([2]). Aussi ai-je examiné comparativement l'influence de celle-ci sur la saponification de diverses huiles végétales, ou normales, ou présentant un degré variable d'oxydation (qui sera matérialisé par le chiffre obtenu pour la réaction de Lea). Les conditions expérimentales, différentes, seront précisées dans chaque cas.

Protocole expérimental. — Dans une fiole conique de 200 cm³, on mélange 0,20 de pancréatine Codex et 2 cm³ d'eau; on ajoute 10 g d'huile, on agite et on porte à l'étuve à 37° pendant des temps variables, en ayant soin d'agiter fréquemment. On ajoute alors 60 cm³ d'alcool à 95° et on titre avec NaOH N/10 en présence de phénolphtaléine (on retranche l'acidité propre du mélange « huile-alcool », déterminée dans un essai à blanc). L'acidité libre, après saponification, et compte tenu de la correction indiquée, est exprimée en cm³ de NaOH N/10.

Résultats expérimentaux. — *a. Huile d'olive :*

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	120.
Huile normale	8,1	11,8	20,9
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 22,4$ cm³)	4,1	5,3	6,9

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	90.
Huile normale	6,4	12,2	16,5
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 11,1$ cm³)	4,2	6,1	6,3

b. Huile d'arachide :

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	90.
Huile normale	5,2	13,2	20,6
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 15,4$ cm³)	3,8	6,0	7,5

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	90.
Huile normale	5,4	9,6	13,2
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 7,8$ cm³)	2,4	4,8	6,3

([1]) Thomas, *Manuel de Biochimie*, Masson, Paris, 1946.

([2]) Herisset, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1279; *Trav. du Lab. de Matière Médicale de l'École de Médecine d'Angers*, 1, juillet 1954.

CONCLUSIONS. — Les composés résultant de l'auto-oxydation des lipides retardent nettement la saponification par la lipase pancréatique des esters gras constitutifs des huiles végétales.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude d'une lactico-déshydrogénase d'une souche de* B. Anitratum (*N. W.*) par Mlle **Yvonne Joyeux** et Mme **Madeleine Croson**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Dans une précédente Note (1) nous étudions la préparation de la lactico-déshydrogénase soluble de *B. Anitratum* (N. W.), oxydant l'acide lactique en acide pyruvique. Nous montrons ici la dépendance de l'activité enzymatique avec les groupes —SH.

Stabilité. — La lactico-déshydrogénase (L. D. H.) du *B. Anitratum* (N. W.) est d'une stabilité remarquable en solution (extrait purifié). En effet une préparation gardée sous cette forme à + 2° pendant un mois et demi, a conservé toute son activité, tandis qu'un échantillon du même extrait, lyophilisé et maintenu pendant le même temps à la même température, a perdu 90 % de son activité.

La congélation à — 10° diminue également l'activité; en 6 jours on observe une baisse de 50 %. Au point isoélectrique (pH = 6,6), un chauffage de l'extrait pendant 30 mn à 37°, ou pendant 2 mn à 50°, ne changent pas l'activité qui tombe à 50 % après chauffage à 50° pendant 15 mn ou à 60° pendant 10 mn. Cependant on n'observe pas de coagulation. Un chauffage à 100°, pendant 20 mn, aux pH de 6, 7,2 et 8 ne provoque pas de coagulation de protéine.

Action des inhibiteurs. — L'enzyme purifié n'est inhibé ni par le cyannre ni par le complexon III (sel sodique de l'acide éthylène diaminotétracétique), tous deux inhibiteurs des métaux lourds. Par contre une inhibition nette est observée avec le *p*-chloromercuribenzoate de sodium; celle-ci est complètement réversible par le glutathion réduit. L'acide monoiodacétique est sans action. On peut donc classer la fonction —SH indispensable à l'activité enzymatique dans le groupe des —SH peu réactifs de Barron (2).

pH *optimum.* — L'activité déshydrogénasique est peu sensible aux variations de pH, du moins entre 7 et 11 (maximum vers pH = 10). Elle diminue vers l'acidité pour s'annuler à pH = 5. Les tampons au borate donnent une inactivation totale, aussi avons-nous utilisé les tampons glycocolle pour la zone alcaline.

Coenzymes. — De nombreuses déshydrogénases lactiques connues étant dépendantes du diphosphonucléotide (D. P. N.), nous nous sommes attachés particulièrement à déceler ce cofacteur.

---

(1) Sous presse.

(2) *Ad. in Enzymology*, 11, 1951, p. 201.

La dialyse prolongée contre eau bidistillée ne diminue l'activité que faiblement. Une dialyse de 20 h est sans effet. Après 50 h, nous observons une inactivation de 50 % non réversible par addition de D. N. P. Dans la dialyse contre eau bidistillée contenant 10^{-3} M de cystéine, l'extrait conserve son activité. Par contre, le 2.3 butanediol n'est pas oxydé par l'extrait brut dialysé, alors qu'il l'est à nouveau si l'on ajoute du D. P. N.

Nous avons cherché à mettre en évidence au spectrophotomètre de Beckman à 340 mμ, la réaction :

$$\text{Pyruvate} + \text{DPN red.} \rightleftharpoons \text{Lactate} + \text{DPN oxyd.}$$

Nous n'observons pas de diminution d'absorption en présence de pyruvate, tant avec des extraits bruts que purifiés, dialysés ou non.

En supposant que le D. P. N. se trouve fermement lié à l'enzyme, nous avons tenté de le libérer par l'ébullition, d'un extrait purifié, dialysé (contre tampon glutathion M/1000 + Cl_2Mg M/1000). Cette préparation n'active pas la glucose-deshydrogénase du foie, qui nécessite la présence de D. N. P.

Le triphosphopyridine nucléotide, les flavines adénine-mononucléotide et dinucléotide, ainsi que l'extrait brut bouilli, sont inefficaces dans la réactivation de la L. D. H. partiellement inactivée par dialyse.

Plusieurs spectres effectués avec des préparations purifiées et concentrées 10 fois par ventilation au froid, ne donnent aucune indication dans la région du spectre située dans le visible (avec ou sans lactate). Le cytochrome b_2 ne semble donc pas intervenir dans la réaction enzymatique ([3]).

Conclusions. — La L. D. H. soluble du *B. anitratum* (N. W.) est très stable, hautement spécifique et d'une activité élevée; celle-ci n'est liée ni à un métal lourd, ni au cytochrome, ni au D. P. N. Le lactate est oxydé en pyruvate. La réaction enzymatique dépend de l'intégrité de la fonction —SH.

PHARMACOLOGIE. — *Constitution chimique et activité anesthésique locale.* Note de MM. **René Giudicelli**, **Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs étudient l'activité anesthésique locale de deux esters et d'un amide de l'acide *p*-aminobenzoïque comparativement à celle de leurs dérivés carbamoylés. Ils montrent que la carbamoylation exalte considérablement le pouvoir anesthésique local des corps considérés.

Nous nous sommes proposé d'étudier, d'une façon générale, les modifications apportées par la carbamoylation aux propriétés pharmacodynamiques de diverses amines aliphatiques ou aromatiques.

([3]) S. J. Bach, M. Dixon et L. G. Zerfas, *Biochem. J.*, 40, 1946, p. 229.

Dans cette Note, nous décrirons les effets qu'exerce, sur les propriétés anesthésiques locales, la transformation du groupement — NH_2 en groupement — NHCOOR dans trois dérivés de l'acide *p*-aminobenzoïque : le *p*-aminobenzoate de β-diéthylaminoéthyle ([1]), le *p*-aminobenzoate de γ-dibutylaminopropyle ([2]) et la β-diéthylaminoéthylamide de l'acide *p*-aminobenzoïque ([3]). Les produits résultant de cette transformation répondent à la formule générale (I).

$$ROOC{-}NH{-}C_6H_4{-}CO{-}X{-}(CH_2)_n{-}N\begin{cases}R_1\\R_1\end{cases}$$

(I)

dans laquelle R = alcoyl ou aralcoyl; $R_1 = C_2H_5$ ou C_4H_9; X = O ou NH; $n = 2$ ou 3.

Ces substances s'obtiennent par une méthode générale consistant à faire réagir en milieu aqueux le chloroformiate d'alcoyle ou d'aralcoyle choisi sur le chlorhydrate de l'aminoester ou de l'aminoamide.

La réaction s'effectue selon les formules (II) et (III) avec un rendement généralement bon.

$$RO{-}OC{-}Cl + H_2N{-}C_6H_4{-}COO{-}CH_2{-}CH_2{-}N(C_2H_5)_2,\ ClH$$

$$\rightarrow\ RO{-}OC{-}NH{-}C_6H_4{-}COO{-}CH_2{-}CH_2{-}N(C_2H_5)_2,\ ClH + ClH$$

(II)

$$RO{-}OC{-}Cl + H_2N{-}C_6H_4{-}CONH{-}CH_2{-}CH_2{-}N(C_2H_5)_2,\ ClH$$

$$\rightarrow\ RO{-}OC{-}NH{-}C_6H_4{-}CONH{-}CH_2{-}CH_2{-}N(C_2H_5)_2,\ ClH + ClH$$

(III)

D'une façon générale, les chlorhydrates sont des composés blancs, bien cristallisés, à point de fusion défini. Ceux qui dérivent du chlorhydrate de *p*-aminobenzoate de β-diéthylaminoéthyle par remplacement du groupe-NH_2 par le groupe-NH—COOR ont une solubilité dans l'eau et dans l'alcool qui croît avec le poids moléculaire du radical R. Ainsi, pour $R = -CH_3$, le composé est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool tandis que le composé correspondant à $R = -CH_2-(CH_2)^4CH_2-$ est soluble dans l'eau et dans l'alcool en toutes proportions. Ceux qui dérivent du chlorhydrate de *p*-aminobenzoate de γ-dibutylaminopropyle sont peu solubles dans l'eau à froid et très solubles à chaud. Enfin, pour les chlorhydrates dérivant simi-

([1]) Procaïne.

([2]) Butacaïne.

([3]) Procaïnamide.

lairement du chlorhydrate de la β-diéthylaminoéthylamide de l'acide *p*-aminobenzoïque, la solubilité dans l'eau, très faible pour R=—CH_3, augmente rapidement avec le poids moléculaire du radical R.

L'activité anesthésique locale a été déterminée, chez le Lapin, par la méthode d'anesthésie cornéenne de Régnier en prenant le chlorhydrate de cocaïne ou le chlorhydrate de procaïne comme substance de référence.

R.	F. (°C)	Chlore (%). Calculé.	Trouvé.	DL 50 souris voie I/V (mg/kg).	Pouvoir anesthésique local de surface par rapport à celui du Chlte de cocaïne.	Chlte de procaïne.
Dérivés du *p*-aminobenzoate de diéthylaminoéthyle. $ROOC-NH-C_6H_4(4)-COO(1)-(CH_2)_2-N(C_2H_5)_2$, ClH.						
CH_3	199	10,74	10,88	22	0,3	–
C_2H_5	171	10,30	10,02	11	0,5 à 1	–
C_4H_9n	157	9,53	9,29	9,5	1	–
C_4H_9 (iso)	144	9,53	9,44	13	3	25 à 30
C_5H_{11}	144	9,18	8,82	2,5	4,5	–
C_6H_{13}	130	8,86	8,60	3	10	–
$C_6H_5-CH_2$	158	8,73	8,66	12	5	40 à 50
Dérivés du *p*-aminobenzoate de dibutylaminopropyle, $ROOC-NH-C_6H_4(4)-COO(1)-(CH_2)_3-N(C_4H_9)_2$, ClH.						
CH_3	179	8,86	8,90	7	1 à 2	–
C_2H_5	154-155	8,56	8,02	5,5	5	–
C_4H_9n	152	8,02	7,58	4	6 à 7	–
C_4H_9 (iso)	163	8,02	8,08	5,5	13	–
C_5H_{11}	145	7,77	7,34	4	3	–
C_6H_{13}	129	7,54	–	3	3	–
$C_6H_5-CH_2$	131	7,45	–	5	10	–
Dérivés de la diéthylaminoéthylamide de l'acide *p*-aminobenzoïque. $ROOC-NH-C_6H_4(4)-CONH(1)-(CH_2)_2-N(C_2H_5)_2$, ClH.						
CH_3	223	10,77	10,31	120	–	0,5
C_2H_5	174-175	10,33	10,20	28	–	2
C_4H_9n	144	9,55	9,57	22,5	–	3
C_4H_9 (iso)	157	9,55	9,64	35	–	5
C_5H_{11}	142	9,20	8,81	25	2 à 3	20
C_6H_{13}	149	8,88	8,61	28	2 à 3	20
$C_6H_5-CH_2$	176	8,75	8,52	40	–	2,5
Produits de référence.						
Chlorhydrate de Cocaïne				20	–	1
Chlorhydrate de Procaïne				100	1	–

Le tableau ci-dessus indique les points de fusion des composés nouveaux préparés et les résultats des dosages de leur teneur en chlore ; leur toxicité (DL 50) par voie intraveineuse chez la Souris blanche ; leur activité anesthésique locale exprimée en fonction de celle de la substance de référence (chlorhydrate de cocaïne ou chorhydrate de procaïne).

L'examen de ce tableau montre la remarquable augmentation d'activité anesthésique locale résultant du remplacement du groupement — NH_2 des trois dérivés de l'acide *p*-aminobenzoïque étudiés par un groupement —NH—COOR.

Cette exaltation croît, dans la plupart des cas, avec le poids moléculaire du radical R.

En outre, dans chacune des trois séries considérées, le dérivé isobutyle est plus actif et moins toxique que le dérivé butyle.

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 45 m.

R. C.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Pierre Jolibois* :

En première ligne..................	M. **Georges Dupont**.
En deuxième ligne..................	M. **Georges Chaudron**.
En troisième ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*...............	MM. **Georges Champetier**. **Henri Gault**. **Maurice-Marie Janot**. **Jean Roche**.

A ces noms, l'Académie adjoint celui de Mme **Irène Joliot-Curie**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

Sur la proposition du Comité National, l'Académie procède à la désignation de trois délégués français qui prendront part à Rome, du 12 au 15 avril 1955, à l'Assemblée générale de l'**Union internationale des sciences biologiques**, avec voix délibérative.

Sont désignés : MM. **Louis Fage**, **Roger Heim** et **Jacques Tréfouël**, Membres de l'Académie.

